Allgemeine Naturwissenschaft.

Empirischer Theil.

Von

Joseph Weber,
Professor der Physik an der Universität zu Dilingen.

Zum Gebrauche seiner Vorlesungen.

Landshut,
bei Anton Weber, 1793.

Vorlesungen
aus der
Naturlehre.

Von
Joseph Weber,
Professor der Physik an der Universität zu Dilingen.

Zweite Abhandlung.

Die allgemeine Naturwissenschaft.
Empirischer Theil.

Landshut,
bei Anton Weber, 1793.

Dem

Churpfalz-Baierischen geistlichen Rathe,

Herrn Professor

J. M. Sailer,

meinem

verehrungswürdigsten Mitlehrer und

herzlich geliebten Freunde,

als

ein Denkzeichen

meiner aufrichtigsten Liebe und Freundschaft

gewiedmet.

Inhalt.

Einleitung. Begriff der empirischen allgemeinen Naturwissenschaft. S. 1.

Bemühungen ein wissenschaftlich Gebäude in der Naturlehre zu veranstalten. S. 1. 2.

Mißlungene Versuche und Grund davon. S. 3.

Erste Epoche einer Revolution der Denkart in Erforschung der Natur und Entdeckung der Heerstrasse zu einer Wissenschaft. S. 3. 4.

Zweckmäßiges Verfahren in Erforschung der Natur. S. 4.

Begriff einer Hypothese in der Physik. S. 5.

Mißbrauch und Gebrauch der Hypothese. S. 5.

Regeln, denen eine brauchbare Hypothese conform sein muß. S. 6. 7.

Vorschriften für den Physiker in Erforschung der Natur. S. 8. 9

Methode seines Lehrvortrages. S. 10.

Umfang der empirischen Naturwissenschaft. S. 11.

Grenzen der empirischen Naturwissenschaft. S. 11.

Nutzen der Naturwissenschaft, wie ferne er sich von Anfängern einsehen läßt. S. 12.

Ge-

Geschichte der Naturwissenschaft, so ferne sie Anfängern angemessen ist. S. 14.

Flor der heutigen Naturwissenschaft, wem er zuzuschreiben. S. 15.

Anzeige solcher Bücher, die zur Erweiterung der gesammten Naturerkenntniß dienen können. — denen, welche weiter kommen wollen. S. 17. 18.

Von den allgemeinen Körperphänomenen.

Unterschied zwischen Eigenschaft und Phänomen der Körper. S. 20.

Phänomen in der Bedeutung Leibnizes und in dem Sinne Kants. S. 20. 21.

Wir erkennen die Dinge an sich nicht nur undeutlich sondern gar nicht. S. 21. Deßhalb

Ist in de Naturwissenschaft, streng genommen, nie Eigenschaft sondern Phänomen in Kantischer Bedeutung, zu gebrauchen. S. 21.

Momente der Untersuchung, welche sich über die allgemeine Körperphänomene anstellen läßt. S. 22.

I. Welche Phänomene sind allgemein.

Aufzählung der allgemeinen Körperphänomene. S. 23.

Beweis ihrer Allgemeinheit. S. 25.

II. Erweis der Allgemeinheit der angeführten Körperphänomene.

Aus ganz gemeiner Erfahrung. S. 25. 26.

Aus Beobachtung, gemeiner und künstlicher. S. 26. 27. 28.

III. Kräfte der Körper, worauf sich die allgemeinen Phänomene als Wirkungen zurückführen lassen.

Beweis, daß alle Körper Kräfte besitzen. S. 28.

Die Kräfte, welche allen Körpern zukommen, sind Bewegungskräfte. S. 30.

Die Bewegungskräfte können sich auf zweifache Weise äußern, durch Stossen und Anziehen. S. 31.

Wirklichkeit der Stoßkräfte in den Körpern S. 31.

Wirklichkeit ursprünglicher Ziehekräfte in den Körpern. S. 33.

Wirklichkeit abgeleiteter Ziehekräfte in den Körpern. S. 33.

Die Frage: „kommen diese Kräfte den Körpern als ausgedehnten Wesen oder als Aggregaten einfacher Wesen zu?“ hat keinen Sinn. S. 35.

IV.

IV. Gesetze der Körperkräfte.

Gesetze der Stoßkraft der Körper. S. 35.

Gesetze der ursprünglichen Ziehekraft. S. 36.

Gesetze der abgeleiteten Ziehekraft. S. 37.

V. Erklärung der allgemeinen Körperphänomene.

1. Beweglichkeit. S. 42.

Momente der Untersuchung über die Beweglichkeit der Körper. S. 42. 43. rc.

Vom Raume, vollem, leeren, absoluten Raume rc. S. 47.

Von der Zeit. S. 48.

Von der Geschwindigkeit und ihrem Gesetze. S. 49.

Von dem, was Richtung einer Bewegung heißt rc. S. 50.

Von der Masse eines bewegten Körpers. S. 51.

Von der Grösse der Bewegung, und ihren Gesetze Q = MC. 52.

Leibnizens Beweis, daß das Gesetz von der Grösse der Bewegung sei = MC^2. S. 54.

Das Fehlerhafte dieses Beweises. S. 55.

Von

Von der Ursache der Bewegung. S. 56.

Von der Mittheilung der Bewegung. S. 57.

Die allgemeinsten Bewegungsgesetze. S. 59. ꝛc.

Allgemeine Hindernisse der Bewegung. S. 65.

Hinderniß der Bewegung im Mitteldinge. S. 68.

Hinderniß der Bewegung durch die Reibung. S. 70.

2. Trägheit. S. 71.

Ist eine negative Eigenschaft aller Körper. S. 71.

Es kann daher „Kraft der Trägheit" keinen Sinn haben. S.

3. Ausdehnung. S. 71.

Begriff der Ausdehnung u. Schlüsse daraus. S. 71. ꝛc.

Von dem, was Figur, Rauminhalt, Masse heißt. S. 71.

Die daraus abgeleiteten Begriffe von Dichtigkeit und Dünnheit. S. 72.

Gesetz der Dichtigkeit. S. 73.

Grund der Ausdehnung überhaupt, und der Dichtheit und Dünnheit der Körper insbesondere. S. 74.

4. Zusammendrückbarkeit. S. 75.

Geschichte der Meinungen von der Ursache des Zusammenhanges. S. 75.

Wahre Ursache des Zusammenhanges. S. 77.

Das allgemeinste Gesetz des Zusammenhanges ist das Gesetz der Berührung. S. 77.

Unterschied der Flüssigen und festen wurde bisher sehr irrig in dem Unterschiede eines stärkern oder schwächern Zusammenhanges der Theile gesucht. S. 78.

Begriff, der den Unterschied zwischen flüssigen und festen Wesen richtig bestimmet. S. 78.

Beweis der Realität dieses Begriffes. S. 73.

Das Woher des Unterschiedes zwischen flüssigen und festen Körpern ist nicht so leicht anzugeben, als man gewöhnlich meinet. S. 81.

Grundlagen dazu sind 1. der Erfahrungssatz: „alle feste Körper entstehen aus den flüssigen". 2. das Gesetz der Erstarrung. S. 81.

Angabe des Grundes der Flüssigkeit — tropfbarer und nichttropfbarer Wesen. S 85.

Grund der Festigkeit der Körper. S. 88.

Unterschied der harten, zerbrechlichen, zerreiblichen, weichen und zähen Körper. S. 91.

Grund der Härte, der Zerreiblichkeit ꝛc. S. 92.

Erklärung noch anderer Phänomene des Zusammenhanges. S. 94.

Wirkungen, die sich äußern, wenn feste und flüssige Körper untereinander in Berührung kommen. S. 98.

Gesetze dieser Wirkungen. S. 98 .99.

Erklärungen aller hier vorkommenden Erscheinungen. S. 101.

Wirkungen des Zusammenhanges, welche mit einer Bewegung verknüpft sind. S. 102.

Resultate derselben sind die Erscheinungen bei Haarröhrchen. S. 107.

Erklärungen mancher Erscheinungen nach den vorhererwähnten Gesetzen. S. 109.

5. Porosität. S. 112.

Begriff der Porosität. S. 112.

Die Körper können auf zweierlei Weise porös sein. S. 112.

Absolut leere Zwischenräume innerhalb den Körpern sind nicht erweislich. S. 113.

Bestimmter Sinn des Satzes: „alle Körper sind porös“. S. 113.

Gründe für absolut leere Zwischenräume und Widerlegung derselben. S. 113. 114.

Po-

Porosität kann mit der unendlichen Theilbarkeit der Materie bestehen. S. 115.

Einige gewisse Resultate der Beobachtungen in Hinsicht auf Porosität. S. 116.

Grund der Porosität. S. 117.

Erklärungen besonderer Phänomene. S. 118.

6. Physische Theilbarkeit der Körper. S 122.

Begriff von der Theilbarkeit überhaupt und ihrer Arten. S. 122.

Grund der physischen Theilbarkeit. S. 123.

Grösse der physischen Theilbarkeit. S. 124.

7. Undurchdringlichkeit. S. 128.

Begriff der Undurchdringlichkeit S. 128.

Absolute, relative Undurchdringlichkeit. S. 128.

Die Körper sind nur relativ nicht absolut undurchdringlich. 128.

Worinn der Grund der Undurchdringlichkeit nicht bestehe. S. 128.

Wahre Ursache der Undurchdringlichkeit. S. 129.

8. Federkraft. S. 129.

Federkraft der festen und der flüssigen Körper. S. 129.

Expansive und adtractive Federkraft. S. 130.

Ab-

Absolute und relative Elasticität. S. 130.

Gesetze der Elasticität fester Körper. S. 131.

Gesetze der Elasticität flüssiger Körper. S. 133.

Die Meinungen verschiedener Naturforscher von der Ursache der Federkraft ꝛc. S. 134.

Die wahre Ursache der Federkraft. S. 137.

Erklärungen besonderer Phänomene der Federkraft sowohl fester als flüssiger Körper. S. 138.

9. Ausdehnbarkeit. S. 142.

Begriff der Ausdehnbarkeit. S. 142.

Ursache der Ausdehnbarkeit. S. 142.

Die festen im hohen Grade ausdehnbare Körper heißen streckbar, geschmeidig, dehnbar. S 143.

Die Flüssigen im hohen Grade ausdehnbare Körper sind die zähen. S. 143.

10. Zusammendrückbarkeit. S. 144.

Grund dieser Erscheinung. S. 145.

11. Schwere. S. 146—152.

Haupterscheinungen der Schwere. S. 146.

Geschichte der Meinungen von der Ursache der Schwere. S. 152.

Grün-

Gründe für die wahre Ursache der Schwere. S. 154.

Erklärung der oben aufgezählten Erscheinungen der Schwere. S. 159 — 166.

Einige Einwürfe gegen die aufgestellte Theorie. S. 167.

Sinnstörende Druckfehler.

Seite 11. Zeile 6. Der Anfang, statt, der Umfang.

Seite 16. Zeile 5. Die Decretirung, statt, die Drcreditirung.

Seite 37. Zeile 6. durchgehende Kraft, statt, durchdringende Kraft.

Seite 48. Zeile 10. Raum der cb, statt, Raum cb.

Seite 99. Zeile 6. ihrer Theile und ihrer Schwere, statt, der Theile und ihrer Schwere.

Seite 136. Zeile 17. Federkraft einer feinen ꝛc. statt, Federkraft von einer feinen ꝛc.

Seite 137. Zeile 14. Abäsinden, statt, Abständen.

Ein=

Einleitung

in den

empirischen Theil

der

Naturwissenschaft.

1.

Der empirische Theil der allgemeinen Naturwissenschaft ist ein System, von den allgemeinen Erscheinungen in der Körperwelt und ihren ersten Principien aus Erfahrungssätzen (Rein. Th. Einl.)

2.

Alles, was wir in der Körperwelt mittels der Sinne entdecken, ist Phänomen; der Verstand verarbeitet das Phänomen zur Erfahrung, und die Vernunft bringt die mannigfaltigen

Erfahrungen in durchgängige Verbindung, indem sie

stabile Gesetze ausforscht,

die Erscheinungen als Wirkungen unter bestimmte Ursachen stellt,

und sie in ein Ganzes ordnet.

3.

So gerad und eben diese Arbeiten zu einer Wissenschaft der Natur zu führen scheinen; so verstiegen sich dennoch die Naturforscher

beim Gebrauche der Vernunft in Aufsuchung der Principien, und in Bestimmung der Ursachen für die Naturerscheinungen

gar sehr, und verloren sich in Labyrinthe, woraus sie keine Ausgänge fanden — so lange sie die Körperwelt ausschließend

als ihre Lehrerin ansahen,

ihr die vermeinten Naturgesetze abhorchten,

und hinzudichteten, was etwa noch fehlen mochte, die Naturerscheinungen hinlänglich zu erklären.

4.

Bei diesem Verfahren nemlich lehrten die Erfolge, daß die Naturwissenschaft nach viel gemachten Anstalten und Zurüstungen ins Stecken gerieth, sobald es zum Zwecke kommen sollte, und daß die Naturforscher, die ihr zu Erreichung des Zweckes behilflich sein wollten, ihre Versuche immer aufgeben, wieder zurückgehen, andere Wege einschlagen, und sich am Ende ihrer Bemühungen dennoch vom Ziele entfernt sehen mußten.

5.

Erst vor beiläufig anderthalb hundert Jahren, begann eine Revolution der Denkart in Erforschung der Natur, welche glücklich auf die Heersstrasse einer Wissenschaft einlenkte. Man verließ nemlich das Terrein gar, worauf man so lange vergeblich die Wege zum Ziele gesucht hatte, und probirte außerhalb demselben einen Zugang dazu. Man ließ die Vernunft Entwürfe machen, dachte nach diesen Experimente aus, und stellte damit die Natur zu Rede, wie ferne sie sich nach den Vernunftentwürfen regulire.

6.

Keppler ein Deutscher und Galilei ein Italiener, ließen durch ihr Verfahren in Erforschung der Natur einen Stral zu dieser neuen wichtigen Entdeckung aufgehen: Baco von Verulam machte ihn durch seine Beweise von der Unzulänglichkeit der Schulphilosophie wirksamer, und Kant verwandelte ihn in Mittagsglanz, indem er erst recht deutlich lehrte,

> daß die Vernunft nur das, was sie nach Begriffen *a priori* in die Natur hineingedacht hat, aus ihr wieder hervorbringen könne.

7.

Soll also die Naturlehre den rechten Gang einer Wissenschaft nehmen, und unserer Naturerkenntniß Erweiterung verschaffen, so muß die Vernunft

> „mit ihren Principien, nach denen allein übereinkommende Erscheinungen für Gesetze gelten können, in einer Hand, und mit dem Experimente, das sie nach jenen ausdachte, in der andern

an die Natur gehen, zwar um von ihr belehrt zu werden, aber nicht in der Qualität eines Schülers, der sich alles vorsagen läßt, was der Lehrer will, sondern eines bestallten Richters: der die Zeugen nöthigt, auf die Fragen zu antworten, die er ihnen vorlegt."

8.

Freilich sind die Antworten der Natur, die wir ihr durch Experimente abnöthigen, nicht allemal entscheidend; und da bleibt es dann ungewiß, ob der Vernunftentwurf wohl auch in der Natur wirklich, Gesetz für sie, oder blos ideal sei, das heißt: der Entwurf der Vernunft ist oft nur Hypothese.

9.

Indessen ist auch die Hypothese bei allem Mißbrauche, dessen sie fähig ist, von großem Nutzen in der empirischen Naturlehre, wenn wir uns ihrer blos als einer Nothhilfe bedienen, um uns der Wahrheit zu nähern, wo es unmöglich ist, dieselbe zu erreichen; denn eine solche Hypothese weckt Durst nach besserm Wissen, fodert auf zu neuen Experi-

menten, und wird auf solche Weise ein Stahl, der an den Stein der Natur anschlägt, und Funken und Licht zu neuen Entdeckungen hervorlockt. Wir haben wirklich große Erweiterungen der Astronomie, der Chemie, der Oeconomie, und anderer Erkenntnisse der Natur solchen Hypothesen zu verdanken.

10.

Daß aber die Vernunft beim Gebrauche der Hypothesen d. i. bei ihren von der Natur nicht ganz zuverläßig bestätigten Entwürfen zu Naturgesetzen, und Planen die gegebenen Naturerscheinungen zu erklären, nicht etwa eine ausschweifende Dichterinn sei, oder sich am Gängelband der Phantasie leiten lasse, müssen wir

den Vernunftgebrauch zu Hypothesen **nicht unbedingt begünstigen**,

sondern ihn durch Regeln beschränken.

11.

Regeln aber zur Beschränkung der Vernunft, im Gebrauche der Hypothesen gebe ich folgende an:

1. Die

1. Die Hypothese aber stelle keine Ursache zur Erklärung der Naturerscheinungen auf, deren reale Möglichkeit unerweislich ist; denn das logisch Mögliche d. h. das blos Gedenkbare, ist nur ein Gedankending ens rationis, welches keine Ursache von Wirklichkeiten sein kann. — Nach dieser Regel ist die Annahme einfacher Körpersubstanzen nicht einmal als Hypothese in der Physik zu gebrauchen ꝛc.

2. Die Hypothese lasse sich durch kein Experiment widerlegen; denn sonst ist der Entwurf, der Plan der Vernunft, eine Idee ohne Inhalt: hat also keine Beziehung auf die Natur, ist weder Gesetz, noch wahre Ursache der Körpererscheinungen.

3. Die Hypothese reiche zu, alle gegebene Erscheinungen zu erklären; denn ähnliche Erscheinungen müssen ähnliche Ursachen haben: eben darum sei

4. Die Hypothese einfach d. i. sie erkläre die Naturerscheinungen, mit dem möglichst geringen Aufwande von Kräften und Substanzen: eine Hypothese, die bei ihrer Anwendung wieder neuer Hypothesen bedarf, ist eine

Wind=

Windfahne, die keinen Bestand, keine Allgemeinheit, keine Zuverläßigkeit hat, taugt daher in einer Naturwissenschaft nichts.

5. Die Hypothese stehe mit keinem allgemeingültigen Princip, und mit keinem Naturgesetze im Widerstreite; denn was wahr ist, kann mit einer ausgemachten Wahrheit nicht im Widerspruche sein.

6. Die Hypothese sei endlich die einzige Bedingung, die gegebenen Erscheinungen zu erklären; denn sonst wird sie nur disjunctiv, nicht kategorisch — nicht als bestimmte Ursache gelten können.

12.

Der Regel gemäß, die wir oben n. 7. als sichere Handleiterinn in Erforschung der Natur adoptirt haben, müssen wir, um unsere Naturerkenntniß zu erweitern, und zu sichern, also verfahren. — Wir beobachten die Natur, um daraus Winke zu Entwürfen, und Planen der Vernunft zu holen; wir denken darnach Experimente aus, oder nehmen die schon ausgedachten zu Hilfe; gehen hernach mit dem Plan

in einer Hand, und mit dem Experiment in der andern an die Natur, und fodern von ihr die Erklärung ab, ob sie den Vernunftplan bestätige oder widerlege... d. i. ob die Entwürfe der Vernunft Gesetze der Natur, Ursachen ihrer Erscheinungen sind.

13.

Das ståte Arbeiten eines Naturforschers muß also sein

Beobachten,

Nachdenken,

Plane, Ideen entwerfen,

Experimente ausdenken, und

mit diesen die Natur selbst zu Rede stellen, wie ferne die Entwürfe der Vernunft Allgemeingültigkeit, Objectivität haben.

14.

Nun, zu eben diesen Arbeiten möchte ich meine Zuhörer die leichtesten Handgriffe lehren, um einen doppelten Zweck zu erreichen —

ihnen auf einem planen, sichern und angenehmen Wege, einen großen Reichthum natürlicher Erkenntnisse zu verschaffen

und

und nebenbei ihren Verstandes- und Vernunftkräften eine solche Richtung zu geben, daß sie in den übrigen Scienzen, die alle, bald mehr bald weniger, Naturwissenschaft sind,

sich überall dieser Handgriffe bedienen, und sich angewöhnen mögen für jede Ideen und Entwürfe der Vernunft, in der Erfahrung Festigkeit zu suchen, und durch dieser ihre Aussprüche jenen Haltung und Bewährung zu verschaffen.

15.

Die **Methode** meines Vortrages ist nun auch hiedurch ganz bestimmt. Ich beginne überall mit Beobachtungen der Natur; ziehe aus diesen Schlüsse d. h. mache **Vernunftplane**; stelle dann auch diesen gemäß, **Experimente** an, und beobachte ihre Erfolge, um an diesen, als an so vielen Aussprüchen der Natur, eine **Uebereinstimmung** der **Erscheinungen** mit den **Vernunftplanen** (eine vollständige Induction zu vernehmen, und auf solche Weise die Plane, Entwürfe, Ideen der Vernunft als

Ge-

Gesetze der Natur,

oder als die wahren Ursachen der Körperphänomene

durch ein Decret der Natur selbst, zu beurkunden.

16.

Der Anfang der empirischen Naturlehre, ist unabsehbar groß; alles, was sich mit dem Auge sehen, oder mit den übrigen Sinnorganen erfassen, und angreifen läßt, gehört in ihr Gebiet. Man hat deßhalb seit langem schon mehrere Hauptzweige der Naturlehre unterschieden, und sie als besondere Wissenschaften auf eigenen Lehrstühlen behandelt. Solche Hauptzweige der Naturlehre sind Chemie, Geographie, Astronomie, u. s. w.

17.

Ich nehme alle diese Zweige der Naturwissenschaft, in meine Vorlesungen über die eigentliche Physik so ferne auf, wie ferne sie dienen als Hauptwissenschaften zur nähern und tiefern Erkenntniß der Natur, oder als nöthige Mittel zur Vollständigkeit derselben.

18.

18.

Der **Nutzen** der empirischen Naturwissenschaft ist grösser und weitaussehender, als daß er nach seinem vollen Werthe unter den Gesichtskreis der Anfänger könnte gebracht werden: ich führe nur zu einiger Nahrung ihrer Erwartung und einiger Ermunterung ihres Fleißes hier an.

1. Machet die Naturwissenschaft aufmerksam auf die große weite Sinnenwelt, dieses unerschöpfliche Vorrathshaus der schönsten und der Bemerkung würdigsten Dinge, stiftet Bekanntschaft mit denselben, und berreichert ungemein den Vorrath unserer Erkenntnisse.

2. Weiset sie stäts auf die **Erfahrung** — als die Grundveste und die Bewährung aller Vernunfterkenntnisse in der Natur, und übet dadurch im **Beobachten** und **Schließen**; schärfet auf solche Weise gar sehr den Beobachtungsgeist, und verschaffet eine Fertigkeit in der richtigen Anwendung logischer Regeln.

3. Sie lehret die körperlichen Dinge **näher kennen**, und zu unserm Vortheile **besser gebrauchen**.

4. Sie verwahret uns vor **Verwunderung** über frapante Naturerscheinungen, die für die Gelehrten schimpflich ist.

5. Sie schützet gegen den Aberglauben, der aus der Unwissenheit in der Naturkunde entspringt, und decket das Thörichte und Fabelhafte in gar vielen, oft allgemein geglaubten Sagen und Meinungen auf.

6. Sie führet überall auf die **Nutzbarkeit** der **Dinge**, auf die **Aneinanderreihung** und **Verkettung** derselben — auf die bewunderungswürdigste **Ordnung**, **Harmonie** und **Schönheit** der einzelen Theile natürlicher Dinge, und der ganzen Natur. — Da lernen wir dann

7. Durch sie die Werke der Natur als **Meisterstücke** erkennen, darinn die **wohlthätigsten** Zwecke schauen, und in denselben einen **Urheber** ahnen, der **gut**, **weise** und **mächtig** ist **ohne Seines gleichen**.

U. s. w.

19.

Die **Geschichte der Naturwissenschaft**, die vielen Veränderungen, die sie gelitten, ihre Fortschritte, ihr Stillstand, und ihre weitern Schicksale lassen sich in einer Einleitung, und bei Anfängern nicht verständlich genug vortragen. Ich werde bei einzelen Materien das Lehrreichste aus der Geschichte anführen, und nach Gutbefinden unterrichtende Anmerkungen beifügen.

Ich wiederhole nur, was ich schon oben berührt habe (5.), daß die Physik in den ältern Zeiten nie glücklichen Fortgang gehabt habe.

Die Alten beschäftigten sich zwar mit Erforschung der Natur, aber weil

ein Theil unter ihnen der **Vernunft**,

der andere der **Erfahrung**

zuviel einräumte, so giengs mit der Naturwissenschaft nie voran.

Erst mit dem Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts, fieng eigentlich eine glücklichere Epoche für die Naturwissenschaft an (6.).

Car-

Cartes hielt zwar den raschen Gang der Naturwissenschaft wieder auf, weil er den Vernunftgebrauch über seine Grenze erweiterte, und nicht nur selbst die Naturerscheinungen nach seiner lebhaften Einbildungskraft erklärte, sondern auch einen ähnlichen Geschmack auf seine Zeitgenossene verbreitete.

Bis endlich Isaak Newton in England wieder mit neuem Eifer auf Erfahrung gedrungen, die Mathematik mit der Naturwissenschaft verbunden, und durch die vielen neuen Entdeckungen, die sich ihm auf diesem Wege dargebothen, die Erfahrungsmethode beliebter gemacht hatte.

Von dieser Zeit an hat die Naturwissenschaft in wenig Jahren Fortschritte gemacht, die sie vorher in mehrern Jahrhunderten zu machen nicht vermocht hatte.

20.

Zum itzigen Flor der Physik, trugen auch noch viele andere günstige Umstände bei. Man mag nemlich folgende Ursachen

der

der Revolution, in der Denkart der Naturforscher nahmhaft machen.

1. Die Verdrängung der scholastischen dunkeln und leeren Wortmacherei.

2. Die Decretirung der willkührlichen Hypothesen.

3. Der Eifer, immer neue Erfahrungen einzuholen, und die Entwürfe der Vernunft durch Induction zu berichtigen.

4. Die Entdeckungen vieler nützlicher Instrumente und Maschinen.

5. Die Zuhilfnehmung der Naturgeschichte, der Chemie und Mathematik.

6. Das rühmliche Bemühen, die Naturwissenschaft, in Büchern sowohl als im Lehrvortrage auf Cathedern, in der Muttersprache zu behandeln.

7. Die Naturaliensammlungen, die öffentlich und privat aller Orten veranstaltet worden.

8. Die Anlegung neuer — und Vervollkommung alter Bibliotheken, und der dadurch erfolgte häufigere Absatz physikalischer Schriften.

9. Die Unterstützung großer Herren und reicher Privatpersonen.

10. Das Bemühen der Naturforscher, die Physik gemeinnützig zu machen, und zum Vortheile der Gewerbe, Künsten u. d. gl. anzuwenden.

11. Die Akademien und gelehrten Gesellschaften, die in allen Reichen und Provinzen entstanden, und sich ein Gesetz machten, blos die Natur zum Gegenstande ihrer gemeinschaftlichen Bemühungen zu wählen.

U. s. w.

* Beispiele, Erläuterungen, Ausführung mündlich...

21.

Was die Kenntniß guter physikalischer Schriften betrift, so rühme ich nur einige, welche zur Erweiterung der gesammten Naturerkenntniß vorzüglich geschickt sind: Physikalisches

Wörterbuch rc. in alphabetischer Ordnung, von D. Joh. Sam. Traug. Gehler rc. Vier Theile. Leipz. angefangen 1787; vollendet. 1791. Journal der Physik, von Frid. Alb. Carl. *Gren* Prof. zu Halle. angef. 1790. Halle. Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte, von geh. Secretär und Archivar Lichtenberg — und fortgesetzt von J. H. Voigt Prof. der Math. zu Jena rc. Gotha. — — angefangen. 1781. rc. —

Von

den allgemeinen Körperphänomenen.

Begriff von dem, was wir Phänomen nennen.

22.

Erfahrung. Die Prädicate, welche wir den Gegenständen äußerer Sinne beilegen, sind solche,

daß sie ihnen entweder unzertrennlich zukommen, z. B. Ausdehnung, Undurchdringlichkeit rc. der Körper,

oder solche, die ihnen nur bei einer besondern Organisation des Subjects oder Stellung des Gegenstandes beigelegt werden z. B. Süß- oder Sauerschmecken der Speisen rc. der Regenbogen rc.

Die Prädicate, welche nach dem allgemeinen Zeugniß der Sinne, den äußern Gegenständen unzertrennlich ankleben, hieß man gemeiniglich **Eigenschaften der Körper**, qualitates, proprietates corporum; herentgegen jene, welche von den Körpern nur nach besonderer Beschaffenheit der Sinnorgane oder nach einer gewissen Stellung der Objecte ausgesagt werden, nennte man Erscheinungen, Phaenomena.

Dieser Unterschied ist empirisch, und für das gemeine Leben richtig und zureichend; aber nicht also für die wissenschaftliche Untersuchung der Natur: es muß hier genau bestimmt sein,

ob das, was wir auch nach dem allgemeinen menschlichen Sinn erfahren, das **Empirische** nemlich, dem Objecte an sich wirklich zukomme, oder ob auch solche Prädicate, die von äußern Gegenständen unzertrennlich sind, eben auch nichts anders als **Erscheinungen** seien?

23.

Die Beantwortung dieser Aufgabe gehört in die **Metaphysik der Natur**. Nun lehret aber die **Metaphysik der Natur**, und der

rei-

reine Theil der Naturwissenschaft (11 ꝛc.) unwidersprechlich, daß wir kein Ding kennen, wie es an sich beschaffen ist.

Es sind alle Gegenstände äußerer Sinne nichts anders, als was sie für Menschen sein können und sollen — Sinnenwesen; und folglich sind auch jene Prädicate, die wir den Gegenständen äußerer Sinne beilegen, den Gegenständen nichts Zugehöriges — ihnen nichts Eigenes — mithin keine Eigenschaften, sondern bloße Phänomene, oder Erscheinungen.

24.

Es ist also zwischen Phänomen und Ding an sich, nicht wie Leibniz wollte, ein blos logischer Unterschied der Form der Deutlichkeit oder Undeutlichkeit nach, sondern ein Unterschied dem Inhalte nach, also zwar, daß wir

die Beschaffenheiten der Dinge an sich selbst nicht blos undeutlich, sondern gar nicht erkennen.

* Indessen mag man die Prädicate, welche im Verhältniß auf unsere Sinne den körperlichen Dingen unzertrennlich zukommen,

men, immer von den Objecten selbst aussagen, um vom Sprachgebrauche nicht zu sehr abzuweichen; aber — mit stäter Rücksicht, daß sie ihnen an sich doch nicht zukommen.

25.

Von Phänomenen, die wir in allen Körpern, nach dem allgemeinen Zeugniß der Sinne, entdecken, und mithin für allgemeine Körperphänomene gelten, lassen sich folgende Hauptuntersuchungen anstellen:

I. Welche Phänomene sind allgemeine Körperphänomene?

II. Wie erweiset man ihre Allgemeinheit aus Erfahrung?

III. Auf was immer für Ursachen und Kräfte sind die allgemeinen Körperphänomene, als Wirkungen betrachtet, zurückzuführen?

IV. Welche sind die Gesetze dieser Ursachen und Kräfte?

V. Welche ist die bestimmte Erklärung jedes allgemeinen Körperphänomens, und auf wel-

welche weitere Naturerkenntniß führen sie zunächst?

I.

Welche Körperphänomene sind allgemein.

26.

Phänomene, die in allen Körpern gefunden werden, sind

1. Die Beweglichkeit, mobilitas,
2. Die Trägheit, inertia,
3. Die Ausdehnung, extensio,
4. Der Zusammenhang, cohaesio,
5. Die Porosität, porositas,
6. Die Theilbarkeit, diuisibilitas,
7. Die Undurchdringlichkeit, impenetrabilitas,
8. Die Federkraft, elasticitas,
9. Die Ausdehnbarkeit, dilatabilitas,
10. Die Zusammendrückbarkeit, compressibilitas,
11. Die Schwere, grauitas, grauitatio.

27.

Beweglichkeit ist das Vermögen der Körper, ihr Verhältniß im Raume zu verändern.

Trägheit ist jenes Phänomen, wodurch die Körper ihren Zustand der Ruhe oder der Bewegung nicht ändern können.

Ausdehnung ist jene Erscheinung, wodurch die Theile der Körper sich außerhalb- und nebeneinander befinden, und dadurch einen Raum erfüllen.

Zusammenhang ist jene Erscheinung, wodurch sich die Theile der Körper berühren und also aneinander halten, daß es eine Gewalt braucht, dieselben zu trennen.

Porosität ist jenes Phänomen, wodurch die raumerfüllende Materie blasigt, zellicht, löchericht ist.

Undurchdringlichkeit ist jene Erscheinung, vermöge welcher ein Körper dem Eindringen eines andern in seinen Raum widersteht — und dadurch sich zwei Körper von eben demselben Raume und Orte ausschließen.

Fe=

Federkraft, Spring = Schnellkraft ist jenes Phänomen, vermöge welchem die Körper, die durch eine äußere Ursache abgeänderte Figur wieder zurücknehmen, sobald die äußere Ursache zu wirken aufhöret.

Ausdehnbarkeit ist eine Erscheinung, wodurch die nemliche Quantität Materie eines Körpers in einen grössern Raum kann ausgedehnt werden.

Zusammendrückbarkeit ist eine Erscheinung, wodurch dieselbe Menge Materie eines Körpers in einen kleinern Raum kann gebracht werden.

Schwere ist jenes Phänomen, vermöge welchem alle Körper, sich überlassen, zur Erde fallen.

II.

Erweis der Allgemeinheit der angeführten Körperphänomene.

28.

1. Wer immer die Augen öffnet, und aufmerkt, nimmt wahr, daß alle Körper, die um

uns

uns sind, und mit welchen wir eine Beobachtung anstellen können,

beweglich, ausgedehnt, zusammenhängend theilbar, undurchdringlich und unvermögend seien den Zustand der Bewegung oder der Ruhe abzuändern.

2. Man blase mit dem Munde auf was immer für eine flüssige Materie: alsobald entsteht durch den Druck der hingeblasenen Luft eine Vertiefung im Flüssigen d. i. eine Abänderung seiner Figur. Man lasse mit dem Blasen nach; die Vertiefung ebnet sich augenblicks wieder aus, und das Flüssige nimmt seine vorige Figur wieder zurück.... Wird an einen festen Körper gestossen oder auf ihn geschlagen; so entsteht ein Schall: nun ist ein Schall ohne Zittern der Körpertheilchen, mithin ohne Aenderung und Wiederherstellung der Figur eines schallenden Körpers unmöglich (Theorie von der Luft): es sind also alle Körper flüssige sowohl, als feste elastisch.... Nur werden sie nicht elastisch genennt, außer sie sind es im hohen Grade.

3. Es lehret eine einstimmige Erfahrung, daß die Wärme alle Körper in einen grössern Raum

aus-

ausdehne, und die Kälte alle in einen engern Raum zusammenziehe — d. h. daß alle Körper ausdehnbar und zusammendrückbar seien u. s. w.

4. Nach den Beobachtungen Malphighi, Lewenhöcks und Adams sind die Oberflächen der glättesten Pflanzen und der thierischen Körpertheilchen, Gewebe, die mit unzähligen Löcherchen unterbrochen sind.

Man entdecket mittels der Vergrösserungsgläser in allen festen Körpern, selbst in den polirtesten Vertiefungen, Löcher und Zellen.

Im Bruche aller starren Materien zeigen sich Höhlen.

Dünne Blättchen vom reinsten Golde, sind gegen das Licht gehalten durchsichtig, ähnlich dem grünen Glase.

Alle glasartige und alle in sehr dünne Flächen gearbeitete Körper, sind wie die Flüssigen mehr oder weniger durchscheinend: enthalten also Lichtmaterie oder lassen sie durch, sind demnach allemal von zellichtem Gewebe d. i. porös. U. s. w.

I. Es ist also, nebst der Beweglichkeit, Ausdehnung, dem Zusammenhange, der Theilbarkeit und Schwere (1.); nebst der Federkraft (2.) Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit (3.) auch die Porosität (4.) ein allgemeines Phänomen der Körper.

* Es bedarf wohl kaum einer Erinnerung, daß hier nur comparative Allgemeinheit verstanden wird; denn strenge Allgemeinheit lehret Erfahrung nicht, kanns nicht lehren.

III.

Kräfte der Körper, worauf sich die allgemeinen Phänomene als Wirkungen zurückführen lassen.

29.

Alle Körper besitzen Kräfte.

Erfahrung. 1. Wir kommen in Erkenntniß der körperlichen Dinge nur dadurch, daß

a. Die Lichtstralen, die vom Sichtbaren ausgehen, unser Aug rühren, oder

b. Die Erschütterungen des Luftkreises, welche einen Schall verursachen, an unser Ohr stossen, oder

c. Düfte, welche die Luft in unsere Nase trägt, die Geruchsnerven reizen, oder

d. Die Salze, welche mit Speis und Trank in den Mund gebracht werden, auf die Zunge und den Gaum **Eindrücke** machen, oder

e. Unsere Hand oder unser Fuß ꝛc. sich gegen einen Körper bewegen und ihn betasten —

2. Wir kennen kein Ding in der Natur, das durch Unthätigkeit gleichsam isolirt, und auf andere Dinge ganz ohne Einfluß wäre... Ueberall offenbaren sich Spuren von gegenseitigen **Einwirkungen** der Dinge; überall bemerkt man Wirkung und Widerstand, und die Welt erscheint als ein Ganzes, dessen Theile, wie die Ringe einer Kette aneinander hangen u. s. w.

I. Es **wirken** also die Körper auf uns (1.) und aufeinander (2.); sie bringen durch Afficirung unserer Sinnorgane in uns — und durch gegenseitige Einwirkungen in einander Aenderungen hervor (1. 2.): da nun Grund von irgend einer Aenderung **Kraft** heißt; so besitzen die **Körper Kräfte**. (Rein. Th. 16. 3. b.)

30.

Die Kräfte, welche die Körper besitzen, sind Bewegungskräfte.

Jede Kraft erhält ihren Namen von der bestimmten Aenderung, die sie hervorbringt: es sind aber alle Aenderungen, deren Grund die Körper enthalten, weiter nichts als Bewegungen (vorherg. n.): folglich die Kräfte, welche die Körper besitzen, keine andere als **Bewegungskräfte**, vires motrices.

* Können keine andern sein, weil alle Veränderungen, die eine Materie hervorzubringen vermag, blos Veränderungen der Verhältnisse im Raume sind (Reiner Theil. 28.).

31.

Mögliche Aeußerungen der Bewegungskraft, und Ableitung einer möglichen Stoß- und Ziehekraft aus derselben.

Wirket ein Körper A mit seiner bewegenden Kraft auf einen andern B (Fig. 7. T. I.); so wird der Körper A den Körper B entweder

zur **Entfernung**,

oder

oder zur Annäherung determiniren; denn in einer geraden Linie cd, worinn die Wirkungen der Körper aufeinander geschehen müssen, sind nur diese zweierlei Aenderungen möglich (Rein. Th. 48. *). Gleichwie also zweierlei Aeußerungen, Wirkungen der Bewegungskraft möglich sind, so sind auch zweierlei Bewegungskräfte möglich, eine **Stoßkraft** und eine **Ziehekraft**.

* Ursache der Annäherung wird Ziehekraft, und Ursache der Entfernung Stoßkraft genennt, um deßwillen, weil wir in mechanischen Operationen eine Annäherung durch Anziehen und eine Entfernung durch Abstossen zu bewirken pflegen (R. Th. 48. *).

** Stoß- und Ziehekraft sind sich einander entgegengesetzte Kräfte, mithin von der Art, daß sie in einem Subjecte vereint, eine der andern Abbruch thut, oder eine die andere beschränkt (R. Th. 51. *). Und da ist dann jene bewegende Kraft, welche der Ziehekraft entgegenwirkt, allemal Stoßkraft, und welche der Stoßkraft entgegenwirkt, Ziehekraft.

32.

Wirklichkeit der Stoßkraft in den Körpern.

Versucht man die Körper zusammzudrücken durch Auflegung der Gewichte, durch Pressen u.

d. gl.

d. gl. so zwingt man sie meistentheils in einen engern Raum; aber der Ausdehnung kann nie ein Körper beraubt werden.

I. Es muß also innerhalb den Körpern etwas sein, das dem Drucke, dem Pressen u. d. gl. von außen widersteht; und die weitere Verminderung des Raumes hindert.

Dieses etwas, daß dem äußern Drucke widersteht muß eine Kraft sein, weil es Aenderung in der drückenden Ursache hervorbringt, und zwar eine Stoßkraft, weil sie der zusammendrückenden, annähernden Bewegungskraft entgegen wirkt (vorherg. **).

Es ist also eine Stoßkraft in den Körpern wirklich.

* Diese Stoßkraft, wodurch kein Körper jemals seiner Ausdehnung kann verlustigt werden, und worauf wir aus den Erscheinungen schließen, ist dieselbe ursprüngliche Stoßkraft, derer Wirklichsein der reine Theil (49.) aus dem Begriffe und der Möglichkeit der Materie erwiesen hat.

33.
Wirklichkeit ursprünglicher Ziehekräfte in den Körpern.

Wären die Theile der Körper nur mit Stoßkräfte versehen, und wirkte ihnen gar keine andere bewegende Kraft entgegen; so müßte sich die Materie der Körper ins Unendliche zerstreuen, und da könnte nie in einem gegebenen Raume Materie vorhanden sein. Da wir nun Materie, Körper im Raume antreffen; so muß der ursprünglichen Stoßkraft eine andere bewegende entgegenwirken; diese aber kann nicht wieder eine Materie sein, denn auch diese bedarf, um Materie zu sein, Kräfte, die der Stoßkraft entgegen sind: es muß also die der Stoßkraft entgegenwirkende Kraft eine ursprünglich anziehende sein (Rein. Th. 51.).

34.
Wirklichkeit abgeleiteter Ziehekräfte.

Man wird durch ganz gemeines Beobachten gewahr, daß die Theile so wohl flüssiger als fester Körper dort, wo sie sich berühren (in den gemeinschaftlichen Grenzen)

also zusammenhalten, daß eine gewisse Gewalt erfodert wird, um dieselben zu trennen; man breche nur einen Stab, man reiße eine Fläche, die über einem Flüssigen liegt, von diesem los, man schneide ein Leder, Tuch, Papier ꝛc. durch ꝛc.! — überall muß man eine gewisse Gewalt anwenden, um den Zusammenhang der sich einander berührenden Theile zu überwinden.

I. Es muß also in den **gemeinschaftlichen Grenzen**, in den **Berührungspuncten der Materie Etwas** sein, das der Absonderung der Theile **widersteht**, und dadurch das Zusammenhalten derselben bewirkt. Dieses **Etwas**, muß eine **Kraft** sein, weil es in der äußern Ursache eine Aenderung hervorbringt, und zwar eine **anziehende Kraft**, weil sie dem Voneinandertreten, dem Entfernen der Theile widersteht (31. **).

Es ist also in den Körpern dort, wo sich seine Theile berühren d. i. in **ihren gemeinschaftlichen Grenzen eine Ziehekraft wirklich**.

* Die Ziehekraft, die an den gemeinschaftlichen Grenzen der Körpertheilchen wirksam ist, ist **nicht einerlei mit der ursprünglichen** Zie-

Ziehekraft, welche aus der Möglichkeit der Materie, mithin a priori erkannt wird; sie ist blos anzunehmen, um die Möglichkeit des Zusammenhanges in den Berührungspuncten, den der Begriff der Materie nicht wesentlich einschließt, einsehen zu können; ist daher eine aus der ursprünglichen abstammende, abgeleitete Ziehekraft, vis adtraetiua deriuata.

** Die Frage: „kommen den Körpern Kräfte zu, in wie ferne sie ausgedehnte Dinge oder Aggregate einfacher Substanzen sind?" ist metaphysisch, und gehört gar nicht in den empirischen Theil der Naturwissenschaft (R. Th. 54. ***).

IV.

Gesetze der Körperkräfte.

35.

Gesetze der Stoffkraft der Körper.

Erfahrung. Wenn ein Körper z. B. ein Buch gepreßt oder ein Körper z. B. eine Schneeballe zusammengedrückt wird, so wächst der Widerstand in dem Maaße, in welchem der Raum des gepreßten, gedrückten rc. Körpers abnimmt: Es steht also

a. Die stossende Kraft, wodurch eine gewisse Quantität Materie einen Raum erfüllt, mit eben dem Raume im verkehrten Verhältniß; denn jene wächst um so viel, als dieser abnimmt.

b. Da nun die Räume wachsen, wie die Cubi ihrer Durchmesser (R. Th. 54. *); so nimmt die Stoßkraft, welche den Raum erfüllt, in diesem Verhältniß ab, daß also die Stoßkraft 27mal stärker wirkt, wenn die nemliche Quantität Materie in einen dreimal kleinern Raum zusammengedrückt wird.

c. Und, weil eben diese Stoßkraft, die sich bei Verminderung des Raums eines Körpers thätig äußert, mit der ursprünglichen einerlei ist (32. *) und diese Grade hat, so besitzt auch diese Stoßkraft Grade, über welche und unter welcher ins Unendliche grössere und kleinere möglich sind.

36.

Gesetze der ursprünglichen Ziehekraft.

Die ursprüngliche Ziehekraft ist aus der Möglichkeit der Materie, mithin a priori erkannt; ist

ist daher jedem Materietheilchen wesentlich: also

a. wirkt sie im Verhältniß der Masse;

b. wirkt auf alle andere Materie im Weltraume,

c. ist daher eine alles durchgehende Kraft;

d. und nimmt ab, als wie die Quadrate der Abstände wachsen (ausführlicher im Reinen Theile. 50. 54.).

37.

Gesetze der abgeleiteten Ziehekraft.

Erfahrung. 1. Drückt man eine Wachskugel auf eine Fläche, so ist der Zusammenhang des Wachses mit der Fläche um so viel stärker, als grösser die Fläche in den Berührungen sind.

2. Werden zwei Bleikugeln flach zugeschnitten, und übereinander gerieben, um dadurch ihre Flächen in Berührung zu bringen, so hängen sie stark zusammen und zwar desto stärker, je grösser die Flächen sind, welche sich berühren.

3. Werden drei Scheibchen z. B. aus Kirschbaumholz, deren Flächen sich zu einander verhalten wie 1 : 2 : 3, an einem Arme einer

Wage so aufgehängt, daß sie eine Wasseroberfläche berühren, so werden zur Trennung der Scheibchen vom Wasser, Gewichte erfodert die geradeim Verhältniß der Berührungsflächen: 1 : 2 : 3 sind.

4. Der Gebrauch des Leims, des Kleisters, der Kitte u. d. gl. ist nichts anders als eine Ausfüllung der Unebenheiten rauher Flächen d. i. eine Vermehrung der Berührungen, um dadurch stärkern Zusammenhang zu erhalten.

5 Werden die Theile eines Körpers durch Zerbrechen getrennt, so läßt sich durch bloßes Zusammendrücken, in dem Maaße der Zusammenhang herstellen, in welchem die getrennten Theile wieder in die vorige Lage d. i. zu Berührungen kommen. U. s. w.

6. Es macht in allen diesen Erfolgen die Menge der Materie, die hinter den Berührungsflächen sind, gar keine Aenderung — die aufgedrückte Wachskugel mag groß oder klein, die Scheibchen dick oder dünn sein u. s. w: der Zusammenhang richtet sich allenthalben nach der Menge der Berührungspuncte.

I. Es ist also die Ziehekraft, welche sich an den Berührungen thätig äußert eine Flächen-

chen=

chenkraft, und wirkt nicht im Verhältniß der Menge; sondern im Verhältniß der Berührungen.

38.

Weitere Erfahrung. 1. Wenn ein Tropfen Wasser einem andern nahe kommt, so bewegen sich die Tropfen zu einander, und laufen zusammen.

2. Bringt man leichte Körperlein z. B. Seegspäne vom Tannenholze auf eine Wasserfläche, wo sie sich frei bewegen können, so nähern sie sich einander mit Beschleunigung, sobald sie sehr nahe aneinander kommen.

3. Es lassen sich alle Körper in einen grössern Raum durch äußerliche Gewalt ausdehnen, ohne daß ihre Theile, sogleich außer den Zusammenhang gesetzt werden.

I. Es ist also die Kraft, welche in der Berührung sowohl fester als flüssiger Körper wirket, wohl auch noch in sehr kleiner Entfernung thätig.

39.

Weitere Erfahrung. Spannt man z. B. eine Saite, so werden ihre Theile verzerrt, d. i. sie entfernen sich etwas voneinander — und mit der Entfernung der Theile wächst der Widerstand, welcher der Spannkraft geschieht. Da nun die Kraft dem Widerstande gleich sein muß; so nehmen die Ziehekräfte, welche in den Berührungen wirken, wenn die Abstände der Theile größer werden, zu, bis auf gewisse Grenzen; denn durch zu große Spannung reißt die Saite.

I. Die Ziehekraft wächst in den Berührungen, wenn die Abstände wachsen.

40.

Weitere Erfahrung. Aus chemischen Versuchen ist es ein unläugbar Factum, daß, wenn aus Mischungen verschiedener Stoffe, neue Verbindungen entstehen, so ziehen sich einige Stoffe vor andern an, und verbinden sich miteinander z. B. gewisse Salze, Salze und feuchte Theile u. s. w. — — Ferner lehren Beobachtungen, daß sich wässerigtes Wesen gerne an Holz- und Steinarten, an die Metalle, Gläser, Mauern rc.

an-

anhängen; herentgegen sich ungerne mit Fett, Oelen, Unschlitt u. d. gl. verbinden.

I. Gewisse Körper äußern mit Vorzuge eine anziehende Kraft — eine Wahlanziehung, aufeinander.

41.

Es sind also vier Gesetze der abgeleiteten Ziehekraft:

I. Sie steht im Verhältniß der Berührungen d. i. je grösser die Anzahl der sich berührenden Theilchen, desto grösser ist die Ziehekraft (32.) — Gesetz der Berührung, lex numeri contactuum.

II. Die Ziehekraft ist in den Berührungen noch auf sehr kurze Abstände thätig (39); ja

III. Sie wächst, wenn die Abstände wachsen bis auf gewisse Grenzen (39);

IV. Einige Stoffe haben eine besonders grosse Ziehekraft aufeinander — ziehen einander mit Auswahl an, lex adtractionis electiuae (40).

* Dies

* Diese Gesetze werden einstimmig durch die Erfahrung bestätigt, und da ist dann durch Induction ihre Allgemeinheit außer Zweifel.

V.

Erkarung der allgemeinen Körperphanomene ꝛc.

42.

I. Beweglichkeit.

Momente der Untersuchung.

1. Bewegt sich ein Körper d. i. ändert ein Körper seine Lage gegen andere Dinge im Raume, so ist er oder jeder seiner Theile während dem Hinstreben nach einem gewissen Punct,

continuirlich,

anderswo.

stäts an einem andern Orte: wo also eine Bewegung ist, da ist nicht nur Vorstellung vom Raume, sondern auch von der Zeit und einer Richtung der Bewegung.

2. Durch die Bewegung vollendet ein Körper den gegebenen Raum, bald in längerer,

bald

bald in kürzerer Zeit; oder er durchläuft in der nemlichen Zeit izt einen grössern ein andersmal einen kleinern Raum d. h. die Bewegung ist entweder geschwinder oder langsamer.

3. Die Masse bewegter Körper ist oft sehr ungleich z. B. die Kugeln der Kanonen: mithin

4. kann und muß auch die Wirkung, welche ein bewegter Körper hervorbringt — die Bewegungsgrösse sehr verschieden sein.

5. Da die Bewegung eine Aenderung im Raume ist, und eine Aenderung ohne Ursache nicht sein kann; so kommt bei jeder Bewegung auch die Ursache der Bewegung in Betracht.

6. Da durch die Bewegung wieder Bewegung kann erzeugt werden z. B. durch den Stoß, so sind auch die Bedingungen, unter welchen die Bewegung mitgetheilt wird, aufzusuchen.

7. Weil jede Bewegung eine bestimmte Wirkung von bestimmten Ursachen ist, so müssen auch die allgemeinsten Gesetze der Bewegung aufgesucht werden.

8. Endlich da die Bewegung in der Natur mancherlei Hindernisse erleiden mag, so sind auch die allgemeinen Hindernisse der Bewegung anzugeben.

I. Wir werden also alles Erkennbare in Hinsicht auf Beweglichkeit der Körper erschöpft darlegen, wenn wir vollständig vortragen, was folgende Rubriken begreifen:

1. Bewegung überhaupt, motus,
2. Raum, spatium,
3. Zeit, tempus,
4. Geschwindigkeit, celeritas,
5. Richtung, directio motus,
6. bewegte Masse, massa,
7. Grösse der Bewegung, quantitas motus,
8. Ursache der Bewegung, caussa motus,
9. Mittheilung der Bewegung, communicatio,
10. allgemeinste Bewegungsgesetze, leges,
11. Hindernisse der Bewegung, impedimenta motus.

43.

43.

I. Bewegung.

Bewegt sich ein Körper, so sind zwei Fälle möglich

a. entweder geht er von b nach c durch die gerade Linie b c, oder durch eine krumme b d c; (Fig. 8. T. I.)

b. oder ein Körper a b c, dreht sich blos um den Punct d (Fig. 9. T. I.).

Nun ändert der Körper nur im ersten Falle seinen **Ort**, nicht im zweiten. — Obgleich also die Erklärung „**Ortsänderung**" für die Bewegung eines **Punctes** gilt; so ist sie doch unbestimmt für die **Bewegung der Körper**.

In beiden Fällen verändert der Körper sein **Verhältniß im Raume**; denn dreht sich der Körper a b c von der Rechten zur Linken; so entfernt sich b von n und nähert sich m, und so von allen Puncten der Sphäre a b c — also vom ganzen Körper.

I. Die allgemeingültige und bestimmte Erklärung der **Bewegung** ist also diese: „**Veränderung der Verhältnisse der Dinge im Raume**": mithin

II.

II. ist das beharrliche d. i. eine Zeit dauernde Verhältniß der Dinge im Raume — oder die andauernde Gegenwart eines Körpers in ebendemselben Orte **Ruhe** (R. Th. 31.).

44.

Wenn ein Körper a (Fig. 1. T. I.) in einer gegebenen Zeit von b zu c, oder der Punct b der Sphäre a b c (Fig. 9. T. I.) unter m zu stehen kommen soll; so kann dieß auf **zweifache Art** geschehen:

entweder bewegt sich a wirklich im absoluten Raume von a nach c, und die Sphäre a b c wirklich von der Rechten zur Linken, und mit dieser der Punct b unter m;

oder a und die Sphäre a b c ruhen, und der relative Raum b c und m n o bewegen sich in entgegengesetzter Richtung so, daß in gegebener Zeit, c nach der Richtung c b unter a, und m nach der Richtung m n o über b zu stehen komme.

I. Bei Beurtheilung der Bewegung darf daher aus der Erscheinung der Bewegung, weder auf die **wahre Bewegung** des Körpers,

pers, noch auf die Bewegung des **Raums** geschlossen werden; denn ein **ruhender Körper** kann **bewegt**, und ein **bewegter** kann **ruhend** erscheinen.

45.

2. Raum.

1. Der **Raum** ist die Vorstellung von Außerhalb = und Nebeneinandersein der Dinge.

2. Der Raum ist mit Materie **erfüllt**, **voll** oder **leer** von Materie. Der volle heißt **materialer** oder **relativer** Raum; der leere, in dem zuletzt alle Bewegung gedacht wird, **absoluter Raum** (R. Th. 37.)

3. Der **volle** Raum kann durch das, was in ihm empfunden wird, bezeichnet werden; dadurch auf eine gewisse Art **empfindbar**, und folglich ein **Gegenstand der Erfahrung** werden.

4. Der **absolute** Raum ist nur Gedankending, mithin weder er noch eine Bewegung in ihm erfahrbar (70.)

5. Alles, was die Mathematik vom Raume a priori lehrt, gilt auch vom erfüllten Raume z. B. er ist theilbar ins Unendliche 2c. (R. Th. 56.).

46.

3. Zeit.

1. Die Zeit ist die Vorstellung vom continuirlichen Nacheinander.

2. Wenn sich ein Körper a (Fig. 1.) nach c, oder der relative Raum der cb nach a bewegt, so ist der Körper a nach und nach in allen Puncten des Raumes bc gewesen: da nun das Nach und Nach die Vorstellung von Zeit ist; so geschieht jede Bewegung nicht nur im Raume, sondern auch in der Zeit.

3. Was daher von der Zeit nach mathematischer Lehre statt hat, das gilt auch von jeder Veränderung in der Zeit z. B. Jede Veränderung geschieht continuirlich u. s. w.

47.

4. Geschwindigkeit.

Geschwindigkeit ist ein relativer Begriff: man kann nicht sagen, wie geschwind eine Bewegung, sondern nur wie vielmal geschwinder sie als eine andere sei, indem blos zu bestimmen ist,

in wie viel kürzerer Zeit ein Körper A den nemlichen Raum,

oder wie viel grössern Raum er in der nemlichen Zeit,

als ein anderer B durchlaufen hat?

I. Es entsteht also der Begriff von Geschwindigkeit, aus Vergleichung der Zeit mit dem Raume: je grösser der Raum in einer gegebenen Zeit, oder je kürzer die Zeit beim nemlichen Raume, desto grösser ist die Geschwindigkeit.

II. Wenn also die Geschwindigkeit = c; der Raum = T die Zeit = S so ist $C = \frac{S}{T}$.

48.

5. Richtung.

1. Die Richtung ist die Lage des Ortes oder Punctes, nach welchen die Bewegung in gerader Linie geschieht.

2. Ein jeder Körper ist von allen Seiten her mit unzähligen Oertern (Puncten) umgeben, nach denen er sich hinbewegen könnte. Denkt man sich nun von dem Körper, oder weil hier von aller Grösse des Beweglichen abstrahirt werden kann, vom beweglichen Puncte C (Fig. 12. T. I.) nach jenen Puncten a, b, c, d, e, f, g, h, die allerwärts um C im Raume herumliegen, gerade Linien, so umgeben diese das Bewegliche, wie die Halbmesser einer Kugel den Mittelpunct. Soll izt eine Bewegung erfolgen, so kann sie nur nach einer einzigen unter allen diesen geraden Linien geschehen: und diese ist alsdann die Richtung der Bewegung.

3. Dauert die Bewegung in derselben Linie, so ist die Bewegung geradelinigt; weicht sie aber von dieser ab, so ist sie krummlinigt.

4.

4. Die Linie, welche durch die Bewegung eines Punctes beschrieben wird, heißt die Bahn, der Weg: es ist daher auch die Bahn eines Bewegten entweder gerad = oder krummlinigt.

49.

6. Die Masse.

1. Die Menge der Materie eines Körpers macht seine Masse aus.

2. Alle Materien ziehen sich vermöge der ursprünglichen Ziehekraft einander an: und dieser allgemeinen Anziehungskraft gemäß, sind alle materialen Theile der Körper auf die Erde schwer, (Art. Schwere); es ist also die Menge der Materie eines Körpers, oder seine Masse nach dem Gewichte zu bestimmen.

3. Gleichwie also das Gewicht eines Körpers z. B. eines Pfundes Blei

weder durch die Aenderung seiner Figur, noch durch Erweiterung seines Raumes oder Zusammenziehung desselben, noch durch Schmelzung u. s. w.

sondern lediglich dadurch verändert wird, daß neue Materie hinzukomme oder welche weggenommen werde;

so kann auch die Masse eines Körpers, blos unter der Bedingung des Hinzukommens oder Hinwegnehmens einer Materie geändert werden — d. i. wachsen oder abnehmen.

50.

7. Grösse der Bewegung.

Versuche. 1. Man lasse denselben Körper z. B. eine Bleikugel von verschiedenen Höhen, einmal von der ganzen Thurmhöhe, ein andermal von der halben ꝛc. auf einen weichen Thon herabfallen: der Erfolg ist, daß die Bleikugel ein um so viel tiefers Grübchen aushöhlet, um wie viel höher der Fall vom Thurme ist.

2. Stellt man einen ähnlichen Versuch im luftleeren Raume an nach Anweisung, welche die Theorie der Luft giebt, und läßt zwei Körper ungleicher Masse z. B. eine Kugel von Blei und eine gleich große von Holz herabfallen, so ist ihr Fall gleich geschwind (Th. der

Luft.

Luft.); aber die Bleikugel, welche von grösserer Masse als die hölzerne ist, schlägt allemal eine tiefere Grube in die unterlegte Thonerde, eine solche nemlich, welche seiner **Masse proportional** ist.

I. Die **Wirkung** also, welche ein **bewegter Körper** auf einen andern ausübet: oder die **Grösse der Bewegung**, Quantitas motus (40. 4.) **steht in einem geraden zusammengesetzten Verhälniß der Masse in ihre Geschwindigkeit.**

II. Wenn daher die Grösse der Bewegung = Q; die Masse = M; die Geschwindigkeit = C; so ist Q = MC: vergleicht man nun die Grössen der Bewegungen zweier bewegten Körper, so sind diese wie MC: mc.

III. Und weil MC = mc; so ist C : c = m : M; wenn also zweien Körpern von ungleicher **Masse** die **nämliche Quantität** der **Bewegung** eingedrückt worden; so muß sich der Körper von grösserer Masse um so viel langsamer bewegen, als grösser seine **Masse** über die Masse des andern ist z. B. wird von einem Schiffmanne, der auf einem beladenen, freien

und ruhenden Schiffe steht, ein Nachen angezogen, so bewegen sich das Schiff und der Nachen zueinander, und zwar so, daß sich die Geschwindigkeiten verkehrt wie die Massen verhalten; nach diesem Gesetze geht auch die Erde einem herabfallenden Steine entgegen 2c.

* Soll man nicht eher das **Quadrat der Geschwindigkeit** in Rechnung bringen, und Q = MC² als Gesetz angeben? — Ueber diese Frage entstand ein hitziger Streit unter den Philosophen Deutschlandes, Englands, Frankreichs, Hollands und Italiens. **Leibniz** war der erste, welcher behauptete, daß sich die Kräfte bewegter Körper verhalten, als wie die Producte aus ihren Massen in das Quadrat ihrer Geschwindigkeiten. **Polenus**, **Gravesande** und **Muschenbröck** hieltens mit **Leibniz**. Dagegen dachten **Papin**, **Mairan** 2c. **Pemberton**, **Desaguliers**, **Clarke** 2c. u. a. Es gehört daher zur Erudition, Leibnizens Beweis zu hören, welcher das Ferment des Streites war.

51.

Leibnizens Beweis.

Die Ursache verhält sich wie die Wirkung; nun ist die Wirkung bewegter Körper dem Producte aus der Masse in das Quadrat ihrer Geschwin-

schwindigkeit gleich: also ꝛc. — **Beweis des Mittelsatzes**... Es seien zwei Körper von gleichem Umfange, das Gewicht (Masse) des einen A sei = 1; des andern B = 4. Wenn der Körper A von einer Höhe = 4 und der Körper B von einer Höhe = 1 auf einen weichen Thon herabfallen; so wird die Grösse der Bewegung im Körper A = 2 (*) und im Körper B = 4 sein; und dennoch höhlen sie gleiche Gruben aus: die Wirkung ist also gleich; folglich muß auch die Grösse der Bewegung gleich sein. Nun aber kann die Grösse der Bewegung nicht gleich werden, wenn man sie nicht aus dem Quadrate der Geschwindigkeit berechnet; nur $1 . 2^2$ ist = 4.

(*) Weil, wenn der Raum (die Höhe des Falls) = 4 ist, so ist die Geschwindigkeit = $\sqrt{4}$ = 2 (Artic. Schwere).

Antwort darauf. Der Beweis ist richtig, so lange man die Aushöhlung zum Maaße der ganzen Wirkung annimmt; aber diese Wirkungen werden nicht hervorgebracht in der nemlichen Zeit; A fällt ja von einer Höhe = 4; B von einer Höhe = 1: da nun die gegebene Zeit allein das rechte **Maaß** einer durch

ei=

einen gegebenen Widerstand erschöpften Bewegung sein kann; so stürzt die ganze Stärke des leibnizischen Beweises — daß sich aus der Wirkung allein auf das Verhältniß der Geschwindigkeit keineswegs richtig schließen lasse, erhellet auch daraus: die Räume, welche ein Körper durchläuft, können angesehen werden als Wirkungen der beschleunigten Bewegung; die Räume wachsen aber wie die Quadrate der Zeiten, und dennoch sind die Geschwindigkeiten nur wie die einfache Zeit C = T (Bewegungsges.).

52.

8. Ursache der Bewegung.

Erfahrung. Man stosse an einen Körper, der ruhet, oder ziehe ihn an sich, oder werfe ihn von sich fort! .. Der Körper fängt alsobald sich zu bewegen an, und sezet die angefangene Bewegung eine Zeit lang fort.

Nun ist aber die Bewegung sowohl in ihrem Anfange, als in ihrer Dauer eine Aenderung im Raume; sie muß also eine Ursache, eine Kraft zu Grunde haben: diese Kraft, welche

che die Bewegung hervorbringt, wird entweder dem Körper von außen mitgetheilt, oder sie liegt im bewegten Körper selbst.

Allein eine Kraftmittheilung ist ohne Uebergang dessen, was Subject von der Kraft ist, nicht möglich (accidentia non migrant e substantiis in substantias). Und die Annahme des Ueberströmens substanzialer Theilchen z. B. aus dem stossenden Fuße oder aus der anziehenden Hand rc. ist ohne allen Grund, und gegen Analogie. Folglich liegt die Kraft, wodurch ein Körper seine Bewegung anfängt und fortsetzet im bewegten Körper selbst; es ist also die Bewegungskraft, die ohnehin aller Materie wesentlich zukommt, die wahre Ursache der Bewegung, wenn ein Körper gestossen, gezogen, geworfen rc. wird.

53.

9. Mittheilung der Bewegung.

Die Erfahrung lehret 1. daß gar kein Körper, der einmal in Ruhe ist, seinen Zustand ändere, so lange nicht ein Stoß, ein Wurf oder sonst eine andere Ursache hinzukommt (38).

2. Auch erfährt man, daß sowohl die Geschwindigkeit als die Richtung der Bewegung genau der Stärke und Richtung des Stosses, Zuges ꝛc. corespondire.

I. Es muß daher die Mittheilung der Bewegung also geschehen, daß die Bewegungskraft, welche die Ursache der Bewegung ist (vorherg.),

entweder in den zu bewegenden Körper übergeht,

oder daß die Kraft, welche im Körper ist, durch den Stoß, Zug ꝛc. nur rege und wirksam wird:

Das Uebergehen der Kraft aber hat nicht statt (vorherg.): also wird durch eine äußere Ursache, welche auf einen ruhenden Körper wirkt, blos die eigenthümliche Kraft des gestossenen, gezogenen ꝛc. Körpers rege und thätig.

I. Es ist also der Stoß, Zug ꝛc., die äußere Ursache nemlich, wodurch ein ruhiger Körper zur Bewegung determinirt wird, nur mittelbare Ursache — Grund der Möglichkeit der Bewegung: die unmittelbare Ursache, Grund der Wirklichktit liegt im Körper

selbst:

selbst: daraus die allgemeinsten Bewegungsgesetze.

* Da die Bewegungskraft, die im Körper selber liegt, von aussen sich äußert, so gehört sie nicht zu dem, was schlechthin innerlich ist (Vergl. R. Th. 65. *).

54.

10. Bewegungsgesetze.

a. Ein Körper muß in dem Zustande der Ruhe oder der Bewegung verharren, in welchem er sich befindet, so lange keine äußere Ursache die Aenderung seines Zustandes möglich machet... b. Ist demnach ein Körper einmal in Ruhe, so muß er stäts ruhen; ist er aber einmal in Bewegung, so muß er sich stäts, nach einerlei Richtung, und mit der nemlichen Geschwindigkeit bewegen, bis eine äußere Ursache eine Aenderung möglich macht.

* Das Unvermögen der Materie ihren Zustand von selbst zu ändern, wird Trägheit (37): der Widerstand also, den jede Materie der äußern Einwirkung thut, das Hinderniß der Trägheit; und das angeführte Gesetz

das

das Gesetz der Trägheit genannt (N. Th. 65.).

** Die Mittheilung der Bewegung ist nur möglich, unter der Bedingung einer gleichen Gegenwirkung: oder —

55.

Die Wirkung eines Körpers auf einen andern, ist durchgehends der Gegenwirkung gleich... Nemlich, wenn (Fig. 14.) ein Körper C auf einen andern O wirket, so widersteht dieser jenem, vermöge seiner Undurchdringlichkeit, und die Wirkung eines Körpers C in den andern O ist nur in so ferne eine Wirkung, in wie ferne dieser O jenem C widersteht. Widerstand aber eines Körpers, ist eine wahre Wirkung gegen den andern — eine Gegenwirkung, Bewegung in entgegengesetzter Richtung (N. Th. 66.). Nun muß aber jede Wirkung, der wirkenden Ursache gleich sein: folglich sind Wirkung und Gegenwirkung allemal gleich.

* Daß die Wirkung eines Körpers, auf einen andern nur unter der Bedingung einer gleichen Gegenwirkung möglich sei, beweisen Alltagserfahrungen; wenn wir nur auf die Erscheinungen, welche vor uns sind,

auf-

aufmerken. Würden wir wohl z. B. einen Tisch oder Stuhl erfassen, und ihn von der Stelle rücken können, wenn er unserm Anfassen nicht widerstünde? ꝛc. Schlage man immer mit Gewalt auf eine Spinne, die von der Zimmerdecke oder von einem Baumzweige an ihrem Faden herabspinnt — oder auf eine Mücke, die man an einem Roßhaare ins Freie gehenkt hat! — weder die Spinne noch die Mücke leiden viel vom Schlage, weil sie ihm ausweichen und wenig widerstehen... Legt man etwa ein sechs Schuhe langes ein Viertelzoll dickes Holzstängchen, über zwei Kelchgläschen oder über zwei Strohhalme, welche zwei Personen frei halten, also daß blos die Ende des Stängchens aufliegen; und schlägt mit einem dicken Stab in die Mitte des Stängchens mit voller Gewalt, so bricht das Stängchen; die Gläser aber oder die Strohhalme bleiben unverletzt, weil die Ende des Stängchens sich gegen die Richtung des Schlages bewegen, wirken daher nicht merklich auf den Untersatz: folglich findet auch keine merkliche Gegenwirkung, kein Zerbrechen ꝛc. statt. — Eben daraus hat auch das wunderbarscheinende Phänomen seine Erklärung, wobei man einen hölzernen Stab von der Zimmerdecke herabhängt, und unterhalb ein Glas bis zur Berührung des Stabes hinstellt: wird nach dieser Zurichtung auf den Stab von der Seite, wo das Glas steht, geschlagen, so zersplittert das Glas in Trümmer; wird aber in entgegengesetzter Seite, gegen das Glas, auf den Stab geschlagen;

so

so bricht der Stab, und das Glas leidet nicht das geringste; — denn die Ende des Stabes bewegen sich allemal gegen die Richtung des Schlages: stossen also im ersten Falle an das Glas, im zweiten fliehen sie von ihm 2c. 2c.

56.

Noch zwei allgemeine Bewegungsgesetze.

Erfahrung. Jeder Körper kann nach allen möglichen Richtungen durch Stoß, Zug 2c. zur Bewegung determinirt werden.

I. Es ist also jeder Körper nach allen möglichen Richtungen beweglich.

II. Es muß also die Kraft, welche die unmittelbare Ursache der Bewegung ist (52), ein Streben nach allen möglichen Richtungen sein.

III. Eine jede Richtung der Bewegungskraft Cd, Ce, Cf, 2c. hat demnach eine ihr entgegengesetzte Richtung Ca, Cb, Cf, 2c. (Fig. 12. Taf. I.).

IV. Sind diese Richtungen gleich, so ist kein Grund, warum sich ein Körper eher nach ei=

einer als der andern Richtung bewege: es wird also der Körper verharren in demselben Orte d. i. ruhen: daraus nun die folgenden zwei Gesetze:

V. a. **Gleiche und sich völlig entgegengesetzte Kräfte, welche ineinander wirken, machen, daß der Körper ruhet; denn sie erlöschen einander in Hinsicht ihrer Wirksamkeit. b. Sind die entgegengesetzte Kräfte ungleich, so muß eine Bewegung erfolgen, nach jener Richtung, nach welcher die stärkere Kraft zielet, und zwar mit dem Unterschiede (dem Uebermaaße) der ineinander wirkenden Kräfte.** . . Mechanisches Beispiel an der Wage ꝛc.

* Wie schön sich die Gesetze in der Erfahrung finden lassen, welche der Verstand a priori hineingelegt, und auf diesem Wege ihnen Allgemeinheit und Nothwendigkeit verschaft hat! (6.)

** Um die Schwierigkeiten bei der Vorstellung der Bewegungsmittheilung, wie möglich, zu heben, so versuche ich die Möglichkeit derselben, und der dabei vorkommenden Erscheinungen aus dem vorhergehenden anschaulich zu machen.

57.

Nehmen wir an, ein Körper C (Fig. 14.) ruhe, das Bestreben seiner Bewegungskraft sei also nach allen Richtungen gleich (56). Lassen wir nun einen andern Körper O auf den ruhenden mit einer Gewalt = aB stossen. Sobald O zur Berührung des Körpers C kommt, so widersteht dieser, und wirkt mit gleicher Gewalt = bB = aB entgegen (55); folglich kann er mit dieser Kraft, womit er widersteht, nicht in seine entgegengesetzte Kraft CA wirken: es wird also die entgegengesetzte CA um so viel stärker = xA, um wie viel CB wegen den Widerstand, den sie = bB = xA that, abnimmt. Da nun ungleiche Kräfte eine Bewegung hervorbringen, und nach jener Richtung hervorbringen, wohin die grössere Kraft zielet, so läßt sich schon die **Bewegung** durch einen Stoß ꝛc. und **ihr Verhältniß** zur **äußern Ursache**, in Hinsicht auf Geschwindigkeit und Richtung vollkommen begreifen; — denn

Der **Möglichkeitsgrund** der Bewegung von C durch einen Stoß ꝛc. liegt in dem **Widerstande**, den C dem Körper O thut. Nun muß der

der Widerstand allemal der Wirkung gleich sein (55): folglich muß sich C bewegen

mit einer Geschwindigkeit, die der Wirkung des Stoßes, rc. von O gleich kommt,

und nach jener Richtung, die gerade mit der Richtung der von außen wirkenden Ursache zusammentrift.

* Auf diese Weise lassen sich für alle Fälle, die Richtungen und Geschwindigkeiten gestoßsener, gezogener — oder von einer andern äußern Ursache determinirter Körper ausfindig machen.. Auch reicht die ursprüngliche Stoßkraft, die Grade hat, welche ins Unendliche wachsen können, vollkommen zu — einer jeden äußern Gewalt, so groß sie immer angenommen wird, Widerstand zu thun, und die Körper eben dadurch nach Proportion des Stosses zu bewegen.

58.

II. Allgemeine Hindernisse der Bewegung.

Das, was macht, daß das oben angeführte Bewegungsgesetz (54. b.) nicht zu seinem vollen Effect kommt, heißt Hinderniß der Bewegung: solche und zwar allgemeine Hindernisse sind

A. der Widerstand eines Mitteldinges, B. und die Reibung.

59.

Hindernisse der Begwegung im Mitteldinge.

A. Ein Mittelding ist jeder Körper, der zwischen dem Puncte, wo die Bewegung anfängt, und jenem, wo sie aufhört, dazwischen liegt. So sind z. B. die Luft, welche eine Kugel aus dem Feuerrohr durchfährt, oder ein Brett, das eine Kugel durchbohrt, Mitteldinge, media.

* Der Widerstand der festen Körper, läßt sich wegen der großen Verschiedenheit des Zusammenhangs, und anderer vieler Ungleichheiten nicht also in Rechnung bringen, daß ein allgemein Gesetz könnte angegeben werden: also hier nur die Gesetze vom Widerstande der flüssigen Mitteldinge!

60.

Erfahrung. 1. Ein Körper A fällt im Wasser langsamer, als in der Luft; noch langsamer im Quecksilber als im Wasser etc.

2. Eine noch so große Kugel, welche in der Luft an einen Faden gehängt, hin und her schwanket, verliert ihre Bewegung noch so frühe als eine gleichgewichtige; aber noch so kleine u. s. w.

I. Es leiden also die in einem Mitteldinge bewegten Körper, ein Hinderniß in ihrer Bewegung, das vom Widerstande des Mediums herrührt, welches der bewegte Körper von der Stelle schieben — bewegen muß.

II. Der Widerstand ist demnach um so grösses als

dichter das Medium (1),

und grösser die Oberfläche des im Mittel bewegten Körpers (2); folglich auch des zu bewegenden Mittels ist.

61.

Setzen wir eine Kugel A bewege sich in ebendemselben Mitteldinge, mit einer doppelt so großen Geschwindigkeit als ein anderer B, die mit jener gleichen Umfang hat. Die Kugel A wird in derselben Zeit, auf nocheinmal so viele Theile des Mediums stossen als die Ku-

gel B, und mihin einen eben so viel stärkern Widerstand leiden, als diese (vorher.). Obendrein stößt die Kugel A, die sich mit einer doppelten Geschwindigkeit bewegt, gegen jedes Theilchen des doppelten Widerstandes, mit einer noch so großen Kraft als die andere B, derer Geschwindigkeit nur halb so groß ist: mithin ist die Gegenwirkung des Mediums, auf die noch so geschwind bewegte Kugel A, auch in dieser Hinsicht doppelt so groß: folglich leidet eine mit doppelter Geschwindigkeit bewegte Kugel, einen vierfach grössern Widerstand. Da nun dieß allgemein statt findet; so

I. Verhält sich der Widerstand eines im Mittel bewegten Körpers, als wie das Quadrat seiner Geschwindigkeit: es ist also

62.

Das allgemeine Gesetz des Hindernisses im Mitteldinge

dieses: der Widerstand, den ein bewegter Körper im Medium leidet, steht in einem zusammengesetzten **Verhältniß der Oberfläche,**

und

und des Quadrats der Geschwindigkeit bewegter Körper, und der Dichtigkeit des Mediums.

* Schießt man aus dem Feuerrohr durch die Luft gegen einen Zweck, einmal mit einer Kugel, ein andersmal mit gleichgewichtigem Schrott, so reicht die Kugel viel weiter als das Schrott... die Schneeflocken fallen langsamer als die Regentröpfchen ꝛc. ꝛc. Es leidet also eine gegebene Quantität Materie einen so viel grössern Widerstand, als kleiner die Theile sind, in welche sie zerstückelt wird... Nemlich, wird eine gegebene Masse in kleine Kügelchen verändert, so nimmt die Menge der Materie (die Masse) ab, als wie die Cubi ihrer Halbmesser; die Oberflächen aber als wie die Quadrate ihrer Halbmesser (Geometrie): es nimmt also bei Verstückelung eines Körpers, die Masse im grössern Verhältniß ab als ihre Oberfläche: es erleidet daher ein Körper desto grössern Widerstand im Medium, in je kleinere Theile er zertheilt wird... Es ist aus eben dem Grunde die Wirkung, welche von der Grösse der Oberfläche bestimmt wird, um so viel grösser, als kleiner die Theile sind, in welche ein Körper zersplittert oder zerstäubt wird.

** Man hat sonst auch den Zusammenhang eines flüssigen Mediums gebracht; um den Widerstand, den ein im Medium bewegter

Kör=

Körper leidet, vollständig anzugeben; aber irrig wie wir sehen werden im Art. Zusammenhang.

63.

Hindernisse der Bewegung durch die Reibung.

B. Reibung. Die Körper, die wir kennen, sind bei aller Abglättung immer rauh d. i. an ihren Oberflächen voll Erhabenheiten und Vertiefungen. Bewegt sich nun ein Körper, über einen andern hin; so dringen wechselweise die Erhabenheiten des einen, in die Vertiefungen des andern ein: und da muß dann der bewegte Körper immer eine Kraft anwenden, um die Erhabenheiten aus den Vertiefungen herauszuziehen, oder dieselben umzubiegen oder abzubrechen: es erfolgt also dadurch ein Verlust seiner Bewegung aus diesem Widerstande – das Hinderniß der Reibung, adfrictus.

* Man hat versucht, durch ein Werkzeug, Tribometer, die Gesetze der Reibung zu bestimmen, aber es gelang nicht... Hievon weiter in der Mechanik.

64.

64.

2. Trägheit.

Trägheit ist das Unvermögen der Körper, ihren Zustand der Ruhe oder der Bewegung von selbst zu verändern. Die Trägheit ist daher eine negative Eigenschaft der Körper: fodert also keinen positiven Grund.

Indessen läßt sie sich als Resultat, der ursprünglichen Bewegungskraft ganz wohl begreifen (56.).

* Da Trägheit ein Unvermögen seinen Zustand zu ändern bedeutet, so erhellet, daß der Ausdruck „Kraft der Trägheit, vis inertiae" ohne Sinn, mithin in der Naturlehre nicht zu dulden sei.

65.

3. Ausdehnung.

Die Körper sind ausgedehnt, heißt so viel, als die Körper erfüllen einen Raum (26.)

I. Es sind also vermöge der Ausdehnung alle Körper ausmeßbar, wie der Raum nach der Länge, Breite und Tiefe oder Höhe. Und es kommen

II. dem Körpern als ausgedehnten Wesen, alle übrige Prädicate des Raumes zu.

66.

Die Begrenzung der Ausdehnung, limes extensionis, heißt Figur:

I. Es hat daher jeder Körper eine Figur — und da die Begrenzung ins Unendliche modificabel ist, so ist auch die Figürlichkeit der Körper ins unendliche modificabel.

67.

Der Raum zwischen den Grenzen eines Körpers wird Inbegriff, Rauminhalt, Volumen .. die Quantität Materie, die einen gegebenen Raum erfüllt, Masse genennt.

Es kann eine grössere oder kleinere Quantität Materie, im nemlichen Raume — oder die nemliche Quantität Materie kann im grössern oder kleinern Raume sein.

Besitzt ein Körper, im Vergleiche mit einem andern bei einerlei Rauminhalt eine grössere Quantität Materie — oder nimmt er bei

der nemlichen Masse einen kleinern Raum ein, so nennet man ihn dichter und den andern dünner, locker.

68.

Dichtigkeit und Dünnheit (densitas, raritas).

sind demnach relative Begriffe: sie lassen sich also blos durch Verhältnisse bestimmen, und zwar durch folgende Sätze:

a. Wenn zwei Körper einerlei Rauminhalt (= V) haben; so verhält sich ihre Dichtigkeit (= D) wie ihre Masse (= M).

b. Wenn zwei Körper einerlei Masse haben, so verhalten sich ihre Dichtigkeiten umgekehrt wie die Räume:

Vergleicht man also die Dichtigkeit eines Körpers, = D mit der Dichtigkeit eines andern = d; so ist $D : d = \frac{M}{V} : \frac{m}{v}$.

* Die Quantität der Materie, ist keinesweges nach der Zahl der Theile in einem gegebenen Raume; sondern lediglich nach dem Gewichte (Rein. Th. 63.) zu bestimmen.

69.

Grund der Ausdehnung.

Dasjenige ist **Grund der Ausdehnung**, was macht, daß sich die Theile des Körpers außerhalb- und nebeneinander befinden, und auf solche Weise einen Raum erfüllen. Nun aber macht die **Stoßkraft**, daß sich die Theile der Körper außerhalb- und nebeneinander befinden, und so einen Raum erfüllen: also ist die Stoßkraft die Ursache der Ausdehnung.

* Die Stoßkraft, welche Grade hat (35. c.), reicht auch vollkommen zu, alle hier einschlagende Erscheinungen in Hinsicht auf **Verschiedenheit der Dichtigkeit und Dünnheit**, zu erklären; denn das Verhältniß der Stoß- und Ziehekraft zueinander ist unendlich modificabel (Reiner Theil. 51.): es sind also **Raumerfüllungen** in unendlich verschiedenen **Graden** (Qantitäten der Materie), und folglich **unendlich viele Modificationen der Dichtigkeit und Dünnheit möglich**.

** Weil Dichtigkeit sich auf die Stoßkraft gründet, und diese **Grade** hat, so ist kein **Maximum** und kein **Minimum** der Dichtigkeit möglich. .. Es kann daher wohl eine Materie den ganzen Raum erfüllen, alle leere Räumchen ausschließen, und dennoch **nicht absolut dicht** sein (Rein. Th. 51.).

70.

4. Zusammenhang.

Geschichte einiger Meinungen von der Ursache des Zusammenhanges.

1. Der Zusammenhang der Materietheilchen, und dessen ungemein große Verschiedenheit giebt den Körpern erst ihre Gestalt, Schönheit und rechte Brauchbarkeit. Dieses Phänomen zog daher zu allen Zeiten die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich, und der vielfältig gemachte Versuch, dasselbe zu erklären, erzeugte der Hypothesen viele und manichfaltige.

2. Die Peripatetiker gaben mit ihrer Qualität der zweiten Ordnung ein neues Wort, aber keine Erklärung.

* Von den Qualitäten der Alten, ein Wort mündlich... S. Gehler's Wörterbuch. Art. Qualität.

3. Der Leim und das Kitt, welches viele unter den Aeltern in die Zwischenräume der Körper hineindachten; oder die Ringe und Häckchen (hami, vncini), die ihre Einbildung beliebig formte, und die materialen Theile dadurch zu-

sam-

sammenhangen machte, löseten den Knoten nicht; denn die Frage blieb noch immer: was ist der Grund des Zusammenhanges des Leimes, des Kittes, der Häckchen und Ringe rc.?

4. Wäre nach Cartes die Ruhe der Körpertheilchen der Grund des Zusammenhanges, so würde zur Trennung der Theile keine grössere Gewalt erfodert als die zu ihrer Bewegung, welches doch mit der Erfahrung streitet.

5. Unter den neuesten Physikern hat Lavoisieren zwar den Zusammenhang der festen Körper, als einen eigentlichen Zusammenhang angesehen; jenen aber der Flüssigen, als ein Zusammenhalten vermöge eines Druckes jeder andern sie berührenden Flüssigen erklärt.

6. Allein die Unzulänglichkeit aller mechanischen Erklärungen des Zusammenhanges, sowohl der flüssigen als festen Körper, wird sich aus dem folgenden ergeben... Die Ursache des Zusammenhanges muß dynamisch sein... Zum Beweise!

71.

Wahre Ursache des Zusammenhanges.

Der Zusammenhang ist eine Erscheinung, wobei die Theile eines Körpers an den Berührungspuncten also aneinander halten, daß es eine Gewalt braucht, dieselben abzusnndern: es ist also die Ursache des Zusammenhanges, was der Absonderung der Theile widersteht. Nun widersteht aber der Absondernng der einander berührenden Theile die Ziehekraft, welche wir **Flächenkraft** nannten (37. I.); also ist **die Ursache des Zusammenhanges die anziehende Flächenkraft der Körper.**

72.

Das allgemeinste Gesetz des Zusammenhanges.

Die Ursache des Zusammenhanges, ist die anziehende Flächenkraft (vorherg.): die anziehende Flächenkraft **wirkt** aber im **Verhältniß der Menge der Berührungen** (37): es ist also das **allgemeinste Gesetz**, wornach sich überhaupt der Zusammenhang richtet dieses:

der Zusammenhang ist desto grösser, je grösser die Anzahl der Berührungen ist (Gesetz der Berührung).

73.

Unterschied der flüssigen und festen Körper.

Von der Leichtigkeit oder Schwierigkeit her, die zusammenhängenden Theile eines Körpers zu verschieben oder zu bewegen, nennen wir die Körper flüssige fluida, oder feste, starre firma, rigida. — Flüssige Materien sind diejenigen, deren Theile, unerachtet ihres noch so starken Zusammenhanges untereinander, dennoch von jeder noch so kleinen bewegenden Kraft verschoben werden können: feste, starre hingegen, deren Theile nicht durch jede Kraft aneinander verschoben werden können.

74.

Beweis der Realität dieses Unterschiedes.

Es ist ein Grundsatz der Hydrostatik — (der Wissenschaft vom Drucke und dem Gleichgewichte flüssiger Körper, 93.) —: „In einer gegebenen Röhre von zweien Schenkeln,

de-

deren einer so weit sein mag, als man will, und der andere so enge als man will (nur nicht so eng als wie ein Haarröhrchen) steht das Flüssige in der engern Röhre eben so hoch als in der weitern." Nun wäre aber dieses Gesetz nicht allgemein, mithin nicht wahr, wenn die Flüssigen der Verschiebung ihrer Theile mit ihrem Zusammenhange, nur im geringsten widerstünden — oder wenn die geringste Kraft nicht zureichte, die Theile zu verschieben:

Beweis dieses Mittelsatzes: Würde eine flüssige Materie das mindeste Hinderniß der Verschiebung, und dadurch die kleinste Reibung erleiden; so würde diese mit der Stärke des Druckes, womit die Theile derselben aneinander gepreßt werden, wachsen (Mechanik) und endlich ein Druck statt finden, bei welchem die Theile dieser Materie sich nicht aneinander durch jede kleine Kraft verschieben lassen; — und da würde dann eine Höhe der Röhren gefunden werden können, bei der eine kleine Quantität Wasser in die engere Röhre gegossen, das in der weitern befindliche nicht aus seiner Lage verrücken, und mithin die Wassersäule in dieser höher zu stehen kommen wür=

würde, als in jener, weil sich die untern Theile, bei so grossem Drucke derselben gegeneinander, nicht mehr durch so kleine bewegende Kraft, als das zugesetzte Gewicht Wasser ist, verschieben lassen. Nun geht aber dieß gegen alle Erfahrung, und streitet mit den ausgemachten Grundsätzen der Hydrostatik. Es sind also die **Theile der Flüssigen durch jede, auch geringste, Gewalt verschiebbar.**

I. Es thut also der Zusammenhang der Flüssigen, der verschiebenden Gewalt gar keinen Abbruch: und folglich darf beim Verschieben der Theile eines Flüssigen ihr Zusammenhang blos **geändert** — nie **aufgehoben** werden.

II. Und folglich würden bei noch so grossem Zusammenhange der Flüssigen, dennoch ihre Theile durch die **geringste Gewalt** bewegbar und verschiebbar sein.

III. Wo sich also ein **Hinderniß** beim **Verschieben der Theile** äußert, da ist Festigkeit, Starrheit des Körpers: mithin ist das **Charakteristische** der Flüssigen, die leichte — der festen Körper aber die difficile Verschiebbarkeit der Theile.

Aber woher die leichte, und woher die mühsame Verschiebbarkeit der Körpertheilchen, oder welches ist der Grund dieser Characteristik der flüssigen und der festen Körper... Der schwache Zusammenhang kann die leichte Verschiebbarkeit der Theile, und mithin die Natur der Flüssigen nicht gründen; denn nach dem, was vorher bewiesen worden, könnte ein Körper, bei dem stärksten Zusammenhange seiner Theile, dennoch ein flüssiges Wesen sein (vorherg. II.)... Es läßt sich daher mit Beantwortung der vorgelegten Frage, nicht so geschwind fertig werden, wie man gewöhnlich meinet... Ich wage den Versuch, auf einem etwas neuen Wege, diese Aufgabe zu beantworten. Allererst einige Facta aus Beobachtungen.

75.

Alle feste Körper entstehen aus den flüssigen.

Erfahrung. 1. Alle feste Theile der thierischen Körper, bilden sich aus dem Blute und andern Flüssigen.

2. Die Röhren, die Gefässe, das Holz rc. der Pflanzen, ihre Blätter, und Blüthen und Früchte — kurz, alle feste Theile der Vegetabilien haben ihren Ursprung aus den flüssigen Nahrungssäften.

3. Die Salze, die Steine, die Metalle, die brennlichen Fossilien haben ihr Dasein von Stoffen, die ursprünglich flüssig sind.

I. Die Induction also, die wir durch unzählige Körper der drei Reiche der Natur durchführen können, lehret den Erfahrungssatz: „alle feste Körper entstehen aus den flüssigen.“ — Oder alle feste Körper sind Erstarrungen der flüssigen, congelationes.

76.

Gesetz der Erstarrung.

Beobachten wir die Erscheinungen, beim Festwerden oder Erstarren der Flüssigen z. B.

1. des Wassers, der Salzauflösungen, der geschmolzenen Metalle! — An der Oberfläche des Wassers bemerken wir die Wassertheilchen, in Eisnadeln unter bestimmten Winkeln von 60 — 120 Grad anschießen. . . Aus den Salzauflösungen erhalten wir, nach allmäliger Verdickung, Körperlein von regulärsten Gestalten, ähnlich den Kristallen, die man aus den Bergen gräbt. . . Die Metalle veroffenbaren ebenmäßsig

sig ein stralichgt Gewebe an ihrer Oberfläche, sobald sie erstarren. . .

2. Die Natur operirt in Geheim im Eingeweide der Erde, als wie unter dem Auge des Beobachters. . . Die Salze finden sich häufig regulär geformet — die Steine vornehmlich die edeln kommen hervor aus der Erde in Gestalt der Kristalle; der rohe Diamant erscheint in einer doppelten vierseitigen oder dreieckigten Pyramidengestalt; der Rubin geht achteckigt hervor; der Topas mehrentheils sechseckigt; — den Bergkristallen giebt die Natur gewöhnlich sechs Seitenflächen, und eine sechsseitige Spitze rc. — Die Kalchspate sind bald in verschobenen vierseitigen Prismen, bald in Pyramiden, Würfeln, Nadeln angeschossen — die Kiese, d. i. Mischungen eines metallischen Stoffes mit Schwefel und Arsenik, findet man unter dem Boden fast immer regelmässig gebildet rc. — — Die Metalle kristallisiren sich häufig in ihren Geburtsstätten innerhalb der Erde: Gold und Silber erscheinen in den Gesteinen blätterigt, zackig, zweigigt, haarförmig, gestrickt rc. — Kupfer = Zinn = Bleierze enthalten Kristallisationen von verschiedensten Gestal-

stalten. . . Die Erze der Halbmetalle sind größtentheils geschmückt mit Kristallen rc. Koboltz erz zeigt sternartig geordnete Stralen rc. Arsez nik rc. Spießglas ein straligt Gewebe rc.

3. Was sind im Pflanzenreiche die Gefässe, die Augen, die Knospen u. s. w. anders als Kristallisationen? — Wie unendlich mannigfaltig ist nicht die regulärste Bildung der Blätter, und Blüthen, und dieser ihrer Staubz fäden, Staubwege, u. s. w.

4. Im Thiereiche herrscht in den Gliez dern, und ihren Theilen die verwunderungswürz digste Regelmässigkeit ihrer Bildung rc.

I. Es ist also ein Gesetz in der Natur, vermöge welchem sich beim Festwerden der Flüssigen gewisse Theile, nach bestimmten Richtungen berühren, und dadurch in rez gulären Formen zusammenhangen. — Und dieses Gesetz, nenne ich das Gesetz der Erstarrung, lex congelationis.

77.

Grund der Flüssigkeit.

1. Es giebt **tropfbare** Flüssige und **nicht tropfbare**. Jene können in Tropfen zertheilt, und bei einem gewissen Grade von Kälte starr werden z. B. Wasser, geschmolzen Harz ꝛc. die **nicht tropfbaren** sind entweder **permanent** elastisch z. B. Feuermaterie, Luft u. a. m. oder **nicht permanent** elastisch als wie die Dämpfe.

2. Die **nicht permanent** elastisch Flüssigen, werden bei einem gewissen Grade von Kälte tropfbar, und bei einem noch grössern Kältegrad auch starr.

3. Die **permanent** elastischen leiden durch die größte Kälte nicht so viel, daß sie in tropfbaren Zustand kämen: blos eine Zersetzung kann sie in einigen Fällen tropfbar darstellen. — Nun erstens Grund der Flüssigkeit der tropfbaren — dann die Anwendung auf die permanent-elastisch Flüssigen!

Erfahrung. Man beobachte einen Tropfen Wassers, den man auf eine polirte Fläche sanft hingelegt hat! — der Wassertropfen erscheint **kugelrund**... Und überhaupt nehmen die

Tropfen

Tropfen aller tropfbaren Flüssigen, wenn sie sich überlassen sind, eine kugeligte Figur an — im luftleeren Raume als wie in der freien Luft.

I. Es bewegen sich also die Theilchen eines Tropfens so lange, bis sie in die größte Berührung untereinander, mithin in die kleinste Berührung mit dem leeren Raume gekommen sind.

II. Es muß also die Adtraction der Theilchen so beschaffen sein, daß, wenn ein Theilchen noch so stark nach einer Seite gezogen wird, es nach der entgegengesetzten eine gleiche Anziehung leide, und folglich die Adtractionen beiderseitig ihre Wirkungen aufheben; aber eben dadurch ist ihrer Bewegung nichts hinderlich!

III. Es hat also die Kraft, welche die Particelchen des Flüssigen bewegen, verschieben soll, keinen Zusammenhang zu überwinden, sondern blos die Berührungen zu vermindern, und dadurch einzig den Widerstand der Trägheit (54. *) aufzuheben.

IV. Der Grund der leichten Verschiebbarkeit der Theile eines Körpers, mithin auch der Flüssigkeit (74. III.) liegt also darinn,

daß die Theilchen sich so lange bewegen, bis sie untereinander die größte Berührung haben, und ein Continuum bilden,

daß mithin die Adtractionen von allen Seiten sich einander entgegengesetzt und gleich sind...

Folglich der Widerstand durch den Zusammenhange = o d. i. die Verschiebung der Theilchen durch jede kleinste Gewalt möglich ist.

* Aber es kostet doch immer eine Gewalt, einen Tropfen Wasser von dem übrigen zu sondern — obgleich die Gewalt nur dem Gewichte eines Tropfens gleich sein darf? — Allerdings... In diesem Falle dürfen nicht blos die Berührungen geändert, sie müssen gar aufgehoben werden... Zur Beleuchtung ein Exempel! — lassen wir in einem Tropfen Wasser ein Infusionsthierchen herumschwimmen: es wird sich innerhalb dem Wasserkügelchen so leicht herumbewegen, als wenn gar kein Zusammenhang der Theile statt fände; denn es hat keinen Zusammenhang aufzuheben, sondern nur zu verändern

dern (77. III.): die Theile des Wassers sind nur zu verschieben, zu bewegen, nicht zu trennen.. Nehmen wir aber an, das Insect arbeite heraus über die Oberfläche des Wassers, so muß es die Kugelgestalt verändern: folglich mehr Berührung des Wassers mit dem leeren Raume, und also auch weniger Berührung der Theile derselben untereinander bewirken d. i. ihren Zusammenhang vermindern — folglich den Widerstand der Ziehekräfte überwinden, daraus dann die Erklärung des Zusammenfließens zweier Tropfen, die sich nahe kommen; denn die Ziehekraft der Materietheilchen, erstreckt sich auf kurze obwohl noch merkliche Abstände (38.) und treibt die Theilchen, die kein Widerstand des Zusammenhanges aufhält, zusammen ꝛc.

** Der Grund der Flüssigkeit tropfbarer Wesen, ist leicht anwendbar auf die nicht tropfbaren; so lange nemlich das Flüssige ein Continuum ist z. B. der Wasserdampf durch die Wärmematerie ꝛc. so sind ihre Theile durch die geringste Gewalt verschiebbar; und hierinn liegt die Natur der Flüssigkeit (74.).

78.

Grund der Festigkeit der Körper.

Erstarret ein Körper d. i. geht eine Materie aus dem flüssigen in einen festen Zustand über

über z. B. ein Tropfen Wasser; so arbeiten sich immer einige Theile aus der Oberfläche desselben heraus z. B. Wärmetheilchen...

Diese müssen dann mehr Berührung, mit dem leeren Raume machen; die Continuität wird unterbrochen, — und den Augenblick verschwindet die von allen Seiten her, gleiche Adtraction der Wassertheilchen (vorherg.).

Es treten dann die Gesetze der Berührung (72), und der Erstarrung (76) ein: es entstehen Kristalle, Nadeln, Spitzen... rc. rc. Da senken sich dann die Hervorragungen in Vertiefungen ein... Und — es kömmt eine Textur der Theilchen hervor, die das Verschieben der Theile, nur unter der Bedingung einer Reibung möglich macht... Das heißt, der Wassertropfen rc. ist starr — fest.

* Was von einem Tropfen gesagt worden, gilt auf eben dieselbe Weise von mehrern — und so von einer ganzen Masse.

** Nicht nur aus dem Wasser entfliehen Theile, wenn es zu Eis erstarret, sondern aus allen Flüssigen werden vor ihrem Uebergange in festen Zustand entweder Theile verflüchtet, oder durch Zersetzung einer flüssigen Mischung Theile aus ihrer Verbindung gerissen;

sen; da hört dann allemal die Continuität auf; es erfolgt eine **Ungleichheit der Berührungen** — ein **Erstarren** der Theile.

I. **Der Grund der Festigkeit** oder **Starrheit der Körper** — oder, der **Nichtverschiebbarkeit ihrer Theile durch die leichteste Gewalt**, liegt also

in der **Ungleichheit der Attractionen** der Materietheilchen, nachdem aus den flüssigen Particelchen entflohen sind, oder wie immer die Continuität der Berührungen unterbrochen ist,

und in den daraus erfolgten Ungleichheiten der Berührungen, und daraus entsprungenen Asperität, **Rauheit** der erstarrten Theilchen, welche das **Hinderniß der Reibung** — das ist, **Festigkeit**, **Starrheit** verursacht.

* Nach Beschaffenheit der Asperitäten, und Ungleichheiten der Theile eines erstarrten Körpers z. B. ihrer Länge, Breite, Dicke muß die Anzahl der Berührungen — mithin die Stärke des Zusammenhanges (72.), fester Körper gar sehr verschieden sein... Daraus ist ferner die Möglichkeit **harter**, **weicher**, **zerbrechlicher**, **zerreiblicher**, **zäher** rc. Körper zu begreifen.

79.
Unterschied der harten, zerbrechlichen, zerreiblichen, weichen und zähen Körper.

Harte Körper, dura corpora, sind solche, deren Figur weder durch ein Ziehen noch durch einen Druck — ohne angewandter großer Gewalt, und ohne völliger Zertrennung der Theile, nicht abgeändert werden kann. Die Steine, welche am Stahl Feuer geben, und gar viele Holzarten sind hart ꝛc.

Zerbrechliche, spröde Körper, corpora fragilia, sind harte Körper, die ihres Zusammenhanges bei Anwendung einer äußerlichen Gewalt schnell können verlustigt werden, — Glas = Faience = Thon = Geschirre ꝛc. sind zerbrechlich.

Zerreibliche, mürbe Körper, corpora friabilia, sind jene spröde Körper, die ihren Zusammenhang durch eine geringe äußerliche Gewalt verlieren können z. B. einige Metallkalche, einige Erden ꝛc.

Weiche Körper, corpora mollia, sind solche, deren Figur durch eine geringe Gewalt, oh-

ne Trennung ihrer Theile kann abgeändert werden... Unter einem gewissen Wärmegrad sind das Wachs, das Glas u. a. weich.

Zähe nennet man z. B. Dickflüssige Oele, flüssig gemachte Harze u. a. viscosa corpora: die zähen Körper grenzen daher zunächst an die Flüssigen, sind solche, deren Theile durch eine ziemlich geringe Gewalt verschoben werden können.

* Unter den härtesten Körpern ist Diamant, er kann aber doch mit seinem Pulver geschliffen, in verschiedenen Formen gearbeitet werden: es giebt daher keinen vollkommen, absolut harten Körper, und da sind dann Härte, Zerbrechlichkeit, Zerreiblichkeit, Weichheit ꝛc. nur relative Begriffe.

80.

Grund der Härte, der Zerbrechlich- und Zerreiblichkeit, der Weiche und Zähigkeit der Körper.

Schießen beim Erstarren der Flüssigen die Theile in lange, breite und dicke Stralen ꝛc. und in grosser Anzahl an; so können die Theile nicht verschoben werden; ohne diese Stralen zu bie-

biegen, und endlich gar abzubrechen: es muß daher der Widerstand der Reibung, bei solchen Körpern sehr groß sein... Die Figur solcher Körper kann nicht abgeändert werden, außer mit großer Gewalt und unter Trennung der Theile — d. i. der Körper muß **hart** sein... Sind die Kristalle eines erstarrten Körpers straligt und dünn; aber sehr zahlreich, so werden die Theile nicht nur mühesam verschoben, sondern sogleich des Zusammenhanges verlustigt; d. h. der Körper ist **zerbrechlich**... Sind die Stralen des erstarrten Körpers dünn und wenige, so leidet das Verschieben einen geringen Widerstand; aber der Zusammenhang ist sogleich getrennt d. i. der Körper ist **zerreiblich**... Sind die Kristalle sehr stumpf und kurz, so darfen keine Theile gebrochen, sondern blos aus den niedern Vertiefungen herausgezogen werden; da kostet dann das Verschieben wenig Gewalt, und die verschobenen Theile können mit ihren großen Flächen, in neue vielfache Berührungen kommen d. i. im Zusammenhange bleiben — d. h. die Körper sind **weich** — oder zähe 2c.

81.

Erklärung noch anderer Phänomene des Zusammenhanges.

1. Muschenbröck (Instit. phys. Introd. ad cohaes. C. III.) untersuchte die Stärke des Zusammenhanges mit sehr verschiedenen Körpern, mit Metallen, Hölzern, Tüchern, Fellen, Saiten ꝛc. Und die Resultate seiner Versuche gaben durchgehends, daß der Zusammenhang nicht im Verhältniß der Dichtigkeit sei. — Er ließ sich z. B. aus verschiedenen Metallgattungen Dräte verfertigen, deren Durchmesser durchgängig = 0, 1 rheinländ. Zoll war, und versuchte, wie viel Gewicht erfodert würde dieselben zu zerreißen. Auf gleiche Weise bestimmte Muschenbröck (Instit. phys, ad finem. T. I.) das Verhältniß der Metalle zu einander, und der Ausschlag der Versuche gab:

	Zusammenhang		Dichtigkeit
Der Drat von Gold. . .	500 Pf.	. .	19,640.
Der Drat von Silber. .	370 —	. .	11,091.
Der Drat von Blei. . .	29, 25	. .	11,310.
— von deutschen Eisen.	450 —	. .	7,645.
— vom reinsten Zinn. .	49, 25	. .	7,320.

2.

2. Aehnliche Versuche stellte **Muschenbröck** mit viereckigten 0, 27 rheinländischen Zoll breiten **Stäbchen von verschiedenem Holze an**, der Erfolg war:

Zusammenhang		Dichtigkeit
Stäbchen von Tannenholze. .	600 Pf. .	0,550.
Stäbchen von Eichen. . .	1150 — . .	0,929.
Stäbchen von Ulmen. . .	950 — . .	0,600.
Stäbchen von Espen. . .	1250 — . .	0,845.

3. **Buffon** (Experience sur la force du bois) erfuhr aus ähnlichen Versuchen ebenmässig, daß der Zusammenhang sich **nicht** allgemein **nach der Dichtigkrit der Körper** richte.

* Der Grund dieser Erscheinungen, läßt sich aus dem Gesetze der Erstarrung und der Berührungen (72. 76.) ganz ungezwungen angeben. Beim Erstarren der Metalle und Hölzer, formiren sich verschieden gebildete Kristalle; es können daher bei dünnern Körpern gar wohl Asperitäten, Stralen, Fäden ꝛc. von grössern Oberflächen entstehen — und durch Einsenkung derselben in die Vertiefungen der übrigen Materie in grössere Berührung kommen, als bei dichtern Körpern, und folglich einen stärkern Zusammenhang bewirken. — — Eben aus den Gese=

Bayerische Staatsbibliothek München

setzen der Berührungen und der Erstarrung, läßt sich ferner erklären,

4. Warum Gold durch Beisatz des Silbers: Silber durch Beisatz des Kupfers, Kupfer durch Mischung mit Zinn, Zinn durch zugesetztes Blei u. s. w. einen stärkern Zusammenhang erhalten.

5. Warum die Metalle durch mässiges Hammern in ihrem Zusammenhange stärker werden.

6. Woher die Wirkung des Verzinnens, des Löthens, des Zusammenschweisens ꝛc. der Metalle.

7. Warum Tücher, aus Wolle gestrickte Kleidungsstücke u. d. gl. durch Walken beinahe, noch so stark zusammenhängend werden.

8. Warum Stricke um so viel dauerhafter sind, als feiner die Fäden, woraus sie gesailt worden.

9. Warum ein tief steckender Pfropf, aus dem Halse einer Bouteille mittels einer Siegellackstange kann herausgezogen werden, wenn

man

man das Siegellack angeschmelzt, auf den Stoppel aufdrückt, und in einer verticalen Stellung erkalten läßt.

10. Warum ein Ring an der Asche eines verbrennten Fadens, der eine Weile im Salzwasser gelegen, hangen bleibt. Die Salztheilchen werden nemlich durch die Flamme, womit der Faden aufbrinnt, nicht zerstört, sie berühren sich daher noch nach der Verbrennung der Flachstheilchen, und hangen durch ihre Berührungen in den verbrannten Faden, oder in seiner Asche noch immer so stark zusammen, daß sie das Gewicht eines Ringes tragen.

11. Warum das Holz nach der Richtung der Fibern leichter, als nach der Queere getrennt wird.

12. Warum der Mörtel, d. i. eine Mischung aus abgelöschten Kalch, Sand und Wasser um so stärker zusammenhängt, je fleißiger man ihn rührt, — je länger das Gemäuer steht.

31. Warum eine Gipsmasse nach ihrer Vertrocknung — eine Thonerde nach dem

Bayerische Staatsbibliothek München

Brand ꝛc. so einen starken Zusammenhang haben.

U. s. w.

82.

Wirkungen, die sich äußern, wenn feste und flüssige Körper untereinander in Berührung kommen.

Versuche. 1. Taucht man einen trockenen Finger, ein Stückchen Stein, ein Metall, ein Glas — u. s. w. in einem Flüssigen z. B. im Wasser ein, und zieht den Finger oder einen andern eingetauchten Körper wieder heraus, so findet man den Finger oder einen andern Körper allemal naß, befeuchtet.

2. Mit dem nemlichen Erfolg, wird ein Stück Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei ꝛc. in das Quecksilber getaucht... Die eingetauchten Stücke kommen von Quecksilber, überzogen heraus.

I. Die Theile eines Flüssigen können von der übrigen Masse nicht abgesöndert, und herausgezogen werden, außer daß ihr gemeinschäft-

Bayerische Staatsbibliothek München

schäftlicher Zusammenhang, und die Schwere der getrennten Theilchen überwunden werde. Dieses aber kann nicht anders geschehen, als durch eine **Bewegungskraft**, welche **stärker** ist als der **Widerstand** aus dem Zusammenhange ihrer Theile, und ihrer Schwere... Da nun eben diese Kraft die Berührung der Flüssigen, mit festen Körpern und das Anhangen aneinander bewirkt, und eine solche Kraft Ziehekraft heißt (37); so muß

in allen Fällen, wo sich flüssige Körper an die festen anhängen, diese naß machen, **befeuchten** etc. die Ziehekraft der festen Körper vermögend sein, sowohl den gemeinschaftlichen Zusammenhang der flüssigen Theile, als das **Gewicht** derselben zu überwinden.

83.

Weitere Versuche. 1. Beschmiert man den Finger oder einen andern Körper, vor dem Eintauchen in ein Flüssiges z. B. in Wasser mit Fett, so hängt sich am eingetauchten Finger etc. kein Wasser etc. an.

2. Das nemliche erfolgt, wenn die Metalle mit Fett bestrichen in das Quecksilber — oder wenn in dasselbe ein bloßer Finger, ein Holz, ein Stein u. s. w. eingetaucht wird.

I. Es giebt daher feste Körper, die gewisse Flüssige nicht berühren — oder es können die festen also modificirt werden, daß sie gewisse Flüssige von ihrer Berührung ausschließen, und dadurch unvermögend sind, den gemeinschäftlichen Zusammenhang der flüssigen Theilchen und ihre Schwere zu überwinden.

* Die Erfahrung lehret, daß Holz- und Steinarten, die meisten Metalle, Gläser, die Mauern ꝛc. vornehmlich die festen Salze sich gerne mit wässerigten Theilen in Berührung, und dadurch in Zusammenhang setzen (40.). Herentgegen alle Arten von fetten Oelen, Unschlitt, alle getrocknete Pflanzen ꝛc. berühren das Wasser ungerne, und hangen damit nicht so leicht zusammen... Nur mit Salz gemengtes Wasser z. B. die Lauge berührt gerne fette Körper, hängt sich gerne daran an, und löset sie oft gar auf ꝛc.

84.

84.

Erklärungen.

Aus dem angeführten erkläret man sich nun: 1. warum man im gemeinen Leben, Schlösser, Gewehre, Beschläge ꝛc. von Eisen mit Fett gegen Rost verwahret.

2. Warum von der verarbeiteten Wolle z. B. von Tüchern, Kleidungsstücken das Fett allererst durch Walkererde abgesöndert wird, um sie zur Annahme einer Farbe tauglich zu machen.

3. Warum man sich beim Tuchbleichen, und beim Waschen der leinen Tücher, der Lauge und der Seife (einem Gemische aus Salzen und fetten Theilen) bediene.

4. Warum wir aus einem Wasser, dessen Oberfläche mit Semen lycopodii (von den Zeiten des Aberglaubens her Hexenmehl) bestreuet ist, mit trockenen Fingern eine Münze, einen Ring ꝛc. herausholen können u. a. m.

85.

Wirkungen des Zusammenhanges, welche mit einer Bewegung verknüpft sind.

Sobald jene Flüssige, welche zur Berührung der festen Körper kommen, auf diese eine so starke Ziehekraft ausüben, als erfodert wird, sowohl den gemeinschäftlichen Zusammenhang der flüssigen Theile, als ihre Schwere zu überwinden; so müssen diese Theilchen der Flüssigen dem stärkern Zuge folgen, und sich gegen die festen Körper — mit der Differenz der stärkern Ziehekraft hinbewegen: darauf gründen sich die Erscheinungen folgender Versuche:

1. Man tauche in ein Gefäß, in welchem Wasser steht, eine enge unten und oben offene Glasröhre z. B. ein sogenanntes Barometerröhrlein! — Sobald das Röhrlein die Oberfläche des Wassers erreicht, so bewegt sich dieses gegen dasselbe, und steigt innerhalb dem Röhrlein empor — desto höher empor, je enger das Röhrlein ist.

2. Die in dem Röhrlein empor gehobene Masse, kommt allemal der Masse eines Tropfens gleich,

gleich, den das Wasser bildet, wenn nach dem Herausnehmen des Röhrleins aus dem Wasser, oder einem andern Flüssigen, die anhängenden Theilchen herabfließen, und an dem untersten Thiel des Röhrleins gesammelt hangen bleiben. Wie nun die Tropfengrösse nach Verschiedenheit der Flüssigen verschieden ist, so steigen auch verschiedene Flüssige zu **ungleichen Höhen.**

3. Ist die Röhre **sehr lang**, so ändert dieß nichts an der Höhe des erhobenen Flüssigen.

4. Bedient man sich eines **kürzern** Röhrleins als die Höhe ist, worauf sich ein Flüssiges erhebt, so fließt dieses oben nicht über.

5. Alle die Phänomene, werden auch im **luftleeren Raume** wahrgenommen.

I. Der **Grund** des **Emporsteigens** des Wassers in der Röhre liegt in dem Glasringe, der die Oberfläche des Wassers berührt: und dieser Grund ist kein anderer, als das **Uebermaaß der anziehenden Kräfte**, womit der Glasring, der das Flüssige berührt — der oberste nemlich (*) den Zusammenhang der Theile des Flüssigen, und das Gewicht der in die Höhe gehobenen Masse übertrift.

(*)

(*) Denn die übrigen Glasringe, woraus eine Röhre zusammengesetzt anzusehen ist, ziehen das über ihnen befindliche Flüssige eben so stark herab, als das unter ihnen liegende hinauf, und vernichten auf solche Weise ihre eigene Wirkung.

II. Das Emporsteigen des Wassers, oder eines andern Flüssigen, das vom Röhrlein angezogen wird, muß so lange fortdauern, bis das immer anwachsende Gewicht desselben, der anzieh= oder erhebenden Kraft des obersten Glasringes gleich kommt: folglich

III. Muß die Höhe des Flüssigen im Röhrlein um so viel grösser seyn, je dünner dasselbe ist.

IV. Und flüssige Materien, deren Tropfen verschiedene Grössen haben, müssen in denselben Röhren zu verschiedenen Höhen steigen.

* Daraus die Erklärung: 1. Warum das Quecksilber, welches das eingetauchte Glas nicht berührt, in dem Glasröhrlein nicht emporsteiget, sondern wohl gar tiefer steht, als außer demselben.

2. Warum die flüssigen Materien, welche die Wände der Gefässe befeuchten, ringsum an

den=

denselben in die Höhe steigen, und in Mitte des Flüssigen eine Höhlung bilden, — in Gefässen aber, welche die Flüssige nicht berühren, nicht naß machen, an den Seiten herum eine Cavität, in der Mitte aber eine **Erhöhung** gestalten.

3. Warum die Tropfen flüssiger Wesen auf einigen Flächen zerfließen, hingegen auf andern ihre **Kugelstalt** unverändert behalten u. s. w. Nemlich die Theile der Flüssigen müssen sich dahin bewegen, wohin sie am stärksten angezogen werden.

86.

V. Die Höhen, zu welchen einerlei flüssige Materien, durch das Anhangen in Röhren von verschiedenen Durchmessern gehoben werden, stehen in einem **verkehrten Verhältniß** der **Röhrlein**. — Denn, wenn einmal das Flüssige nicht weiter steigt, so ist sein Gewicht der Kraft gleich, womit es vom Glase angezogen wird: es verhalten sich also in Röhrchen von verschiedenen Durchmessern, die Kräfte des Zusammenhangs als wie die Gewichte, oder was eben dasselbe ist ꝛc. wie die **Massen** des aufgestiege-

genen Flüssigen; die Massen des Flüssigen aber verhalten sich, als wie die Producte aus den Höhen in die Grundflächen (Hydrostatik): und mithin auch wie die Producte aus den Höhen, in die Quadrate der Durchmesser (Geometrie). Eine Wassersäule also würde in einem Röhrchen, dessen Durchmesser doppelt so groß ist, als der Durchmesser eines andern, bei einerlei Höhen viermal schwerer sein, als die Wassersäule in dem andern Röhrchen; sollte also nur zum vierten Theil der Höhe steigen; aber, das Wasser berührt auch darinn das Glas in nocheinmal so vielen Puncten, und steht deßhalb wieder um so viel höher: also in allem halb so hoch, als das Wasser in dem andern steht. .. Da nun dieß allgemein anwendbar ist, so gilt allgemein: **die Höhen einerlei Flüssigen verhalten sich in verschiedenen Röhrchen umgekehrt, wie die Durchmesser.**

* Auf den angeführten Lehren und Sätzen, ruhet

87.

Die Theorie der Haarröhrchen.

Röhrchen, deren Durchmesser höchstens $\frac{1}{10}$ Theil eines Zolles beträgt, heißen Haarröhrchen, tubi capillares, ihrer Aehnlichkeit willen, welche sie mit den Haarn haben.

Muschenbröck (dissert. physic. geometr.) erfuhr: 1. daß das Wasser in einem Haarröhrchen, welches unten und oben offen gewesen, und zum Durchmesser

0,''09 hatte, stieg auf eine Höhe =	0,''41.
0, 08	0, 46.
0, 06	0, 61.
0, 05	0, 74.
0, 04	0, 93.
0, 02	0, 85.
0, 018	0, 80.

2. Nahm Muschenbröck wahr, daß bei unveränderter Röhre, etwa einen Drittheil einer Linie im Durchmesser, stieg

das Wasser	26''
der Weingeist	19
das Terpentinöl	18,27.
das Rüböl	21.

3. Die Länge der Röhrleins macht in der Höhe der Wassersäule keine Aenderung.

4. Ist das Haarröhrchen sehr kurz, so fließt das Flüssige oben nicht heraus.

5. Im luftleeren Raume leiden diese Erfolge keine Aenderung.

* Wird ein Haarröhrchen in ein Flüssiges eingesenkt, welches jenem nicht anhängt, so erfolgt gar kein Emporsteigen in demselben.

I. Die Erscheinungen bei den Haarröhrchen, sind jenen bei weitern Röhren (85.) ganz ähnlich...

a. einerlei flüssige Materie, steigt in einem engern Röhrlein höher, als in einem weitern.

b. verschiedene Flüssige steigen in derselben Röhre, zu verschiedenen Höhen.

c. Flüssige, welche der Materie, woraus die Röhrchen gemacht sind, nicht merklich anhangen, steigen gar nicht empor.

d. bei einem sehr kurzen Röhrlein fließt das Flüssige nie über.

e. We=

e. Weder die Länge des Röhrleins, noch der luftleere Raum machen in diesen Erscheinungen eine Aenderung.

II. Es müssen also die Erscheinugen der Haarröhrchen, und jene der weitern Röhren den nemlichen Grund haben... Es muß das Uebermaaß der Ziehekräfte des obersten Ringes, über den Widerstand aus Zusammenhang und Schwere der flüssigen Theile, die Ursache des Emporsteigens der Flüssigen in Haarröhrchen sein (85. I.)

88.

Erklärungen.

Man erklärt sich nun unschwer: 1. warum sich das Flüssige in Haarröhrchen so lange bewegt, bis die Masse der Wassersäule, der Masse eines Tropfen des nemlichen Flüssigen gleich kommt; — denn alsdann erst ist das Gewicht der erhobenen Masse, dem Uebermaaße der bewegenden Kräfte gleich:

2. Warum die Höhen, zu welchen sich das Flüssige in Haarröhrchen empor schwingt, umgekehrt, als wie die Durchmesser sein müssen (86.).

3. Warum Flüssige verschiedener Art sich zu verschiedenen Höhen erheben — weil einige mehr, andere weniger die Materie der Röhrchen berühren.

4. Warum die Länge der Röhrchen — und der luftleere Raum, in der Höhe der Säule des Flüssigen keine Aenderung machen.

5. Warum bei einer sehr kurzen Röhre, oben das Flüssige nicht überlaufe — weil weiter oben die Ringe fehlen, welche ziehen ꝛc.

6. Warum sich Wasser, aber nicht Quecksilber in einen Schwamm hineinziehe. —

7. Weil die festen Körper als Gewebe, von Haarröhrchen anzusehen sind; so ist ferner erklärbar, warum das Wasser, wenn es mit Zucker, Salzen, Löschpapier, Leinwand in Berührung kommt, in denselben in die Höhe steige.

8. Warum man in einem Beutel aus Leinwand, oder wohl gar aus Flor Quecksilber; nicht aber Wasser tragen könne, ohne daß es durchfließe.

9. Warum das Oel, die Fette, rc. durch Hilfe eines **Dachtes** eine Nahrung der Flamme werde.

10. Warum eine Schneeballe durch eine Kerzenflamme, oder schöner durch ein angebrenntes Stücklein Kampher, das man in den geballten Schnee stecket, kann ausgehöhlt werden ohne daß ein Tropfen Wasser herablaufe. — Nemlich die von der Flamme geschmolzenen Schneetheilchen werden von der Schneeballe, welche ein Gewebe von Haarröhrchen ist, eingeschluckt.

11. Warum Stricke, Thiersaiten rc. an Orten, welche feucht sind, aufschwellen und kürzer werden.

12. Warum das Wasser zwischen zwei ebenen Glasplatten, die miteinander einen Winkel gestalten, in die Höhe steige, und die berichtigte hyperbolische Linie bilde.

13. Wie die Absönderungen der flüssigen Theile aus den genossenen Speisen, und ihre Vertheilung durch den ganzen Leib möglich werden.

14. Wie der Nahrungssaft der Pflanzen aus den Wurzeln, bis in die Wipfel der Bäume empor steige.

U. s. w.

89.

5. Porosität.

Die Porosität ist ein Körperphänomen, vermöge welchem alle Körper — zellicht sind (28. 3.): es kann ein Körper eine zellichte Textur haben, auf eine zweifache Weise:

a. entweder sind die Räumchen, welche die Zellen, Löcherchen ꝛc. ausmachen, ganz von Materie leer,

b. oder mit einer andern Materie erfüllt.

Wäre der Körper porös, zellicht im ersten Sinne; so gäbe es innerhalb den Körpern ein absolutes Leere, Vacuum disseminatum absolutum; sind aber die Körper im andern Sinne zellicht, so findet innerhalb den Körpern, nur ein relatives Leere statt.

90.

Das absolute Leere ist nicht erweislich.

Denn weder der Begriff der Materie fodert solches (Rein. Th. 77.); noch thut darüber die Erfahrung einen Ausspruch (38.): folglich ist kein Grund übrig für die Wirklichkeit absolut leerer Zwischenräumchen innerhalb den Körpern. Aber auch für die Ausfüllung aller Zwischenräume der Körper, mit einer feinern Materie fehlen die positiven Beweise; es ist also

91.

Der bestimmte Sinn des Satzes: alle Körper sind porös"

dieser: „alle Materien, die flüssigen sowohl als die festen sind zellicht." — Dieser Erfahrungssatz reicht auch zu, die hier einschlagenden Naturerscheinungen zu erklären. — Man führt zwar für die absolut leeren Zwischenräume innerhalb den Körpern Gründe an; allein sie sind unzureichend.

92.

Gründe für absolut leere Zwischenräumchen.

1. Die einfachen Theile, woraus alle Körper bestehen (monades, elem., init. corp.,)

müssen durch leere Räume isolirt — durch leere Einschiebsel, Abstände von einander gesondert sein, weil sie durch Berührung ganz durchdrungen, und eine Ausdehnung zu bilden ganz untüchtig würden.

2. a. Alle Körper lassen sich zusammendrücken.

b. Keine Materie ist absolut dicht.

c. Werden gewisse Flüssige z. B. Wasser und Weingeist gemischt, so nimmt die Mischung einen kleinern Raum ein, als jener war, den sie vor der Mischung zusammen eingenommen haben rc.

93.

Unzulänglichkeit der angeführten Gründe.

Allein, 1. die unendliche Theilbarkeit der Materie, die wir in dem reinen Theile (56.) erwiesen haben, schließt die Einfachheit der Körpertheilchen, die Realität der Monaden völlig aus... Obendrein sind einfache Puncte weiter nichts als Gedankendinge, deren reale Möglichkeit nicht einmal erweislich ist: folglich wäre die

die Annahme einfacher Körperelemente, auch blos als Hypothese unschicklich (Einleit.).

2. Was die angeführten Erscheinungen betrift, so können sie gar wohl ohne Beihilfe eines absoluten Leeren in den Körpern erklärt werden. a. Es könnte eine Materie den Raum ganz erfüllen, und dennoch dünner als eine andere sein (R. Th. 51. *). b. Die Zusammendrückbarkeit, und c. die Verminderung des Raums könnte ebenfalls in Materien statt finden, in welchen gar keine Zellen, gar keine Intervalla zwischen den Theilen vorhanden wären, weil die ursprüngliche Stoßkraft Grade hat — die von einer äußern Gewalt, oder von einer ihr entgegenwirkenden Ziehekraft überwindlich sind (R. Th. 51.).

94.

Das zellichte Gewebe, die Porosität aller Körper, welche die Erfahrung darthut, streitet auch gar nicht mit dem metaphysischen Lehrsatze: „die Materie ist theilbar ins Unendliche"; denn es kann ja eine Materie continuirlich — ganz raumerfüllend, und dennoch hie und da zellicht, porös sein.: Man stelle sich nur ein Sieb, und die Körper aus Siebflächen zusam-

mengesetzt vor! — Die continuirlichen Fäden, Fasern ꝛc. werden immer wie der Raum, den sie erfüllen, theilbar ins Unendliche sein...

95.

Einige gewisse Resultate der Beobachtungen, in Hinsicht auf Porosität.

Was die Induction von der Porosität noch ferner mit Gewißheit lehret, ist dieß.

1. Die Flüßigen erscheinen durch die besten Vergrösserungsgläser nicht zellicht — nicht porös.

2. Körper, die flüßig gemacht werden können z. B. Wachs, die Harze, Glas, Gold, Silber, andere Metalle ꝛc. hornartige Körper z. B. der Stachel der Bienen, die Schaale der Schiltkröten ꝛc. — ferner Kiesel Quarzsteine ꝛc. stellen im festen Zustande sehr kleine Zwischenräume dar.

3. Stoffe aber, welche nie einen flüßigen Zustand annehmen z. B. die Membranen, Muskeln, Knorpeln, Knochen ꝛc. der Thiere, verschiedene feste Pflanzentheile, Samen, Blätter, Hölzer, Schwammen u. s. w. zeigen die

größ=

größten und mehrsten Zwischenräume, Löcher, Zellen.

I. Es sind also die Körper um so weniger porös, im Vergleich mit andern, je mehr sie sich den Flüssigen nähern, und desto mehr porös, je weiter sie sich von den Flüssigen entfernen.

II. Würden wir also ein vollkommen flüssige, und durchgehends gleichartige Materie in der Natur antreffen; so dürfte sie ganz zuverlässig ohne alle Zellen als ein ganz gleichförmig continuirlich ausgedehntes Wesen befunden werden.

96.

Grund der Porosität.

Den Grund der Porosität d. h. der zellichten Textur aller Körper finde ich in der Unvollkommenheit und Ungleichartigkeit der Flüssigen, für die flüssigen — und im Gesetze der Erstarrung, für die festen Körper.

Denn a. die Unvollkommenheit der Flüssigkeit hindert die völlige Zerfließung, und dadurch

durch die völlige Ausfüllung des Raumes; — Und die Ungleichartigkeit der Theile eines Flüssigen unterbricht die Continuität einer Materie, und erzeugt ein zellicht Gewebe.

b. Alle feste Körper werden aus Flüssigen (75.), und zwar so, daß die festwerdenden Theile in reguläre Figuren verschiedenster Art anschießen (76.); aber da ist dann das Entstehen der Zwischenräume, der Blasen, Zellen rc. in verschiedensten Gestalten, Grössen und Mengen nothwendig.

97.

Erklärungen besonderer Phänomene.

Aus dem angeführten ist eine Anwendung, auf Erklärung besonderer Phänomene der Porosität leicht: es lassen sich nemlich hinlängliche Gründe angeben:

1. Warum die Haut des Menschen, das Fleisch, die Knochen rc. aller Thiere — die Pflanzenblätter, Hölzer u. s. w. die größten und manchfaltigsten Zellen haben.

2. Warum die Oberflächen aller Körper mehr oder weniger rauh erscheinen, und warum auch die sorgfältigste Abschleifung, Glättung ꝛc. nie alle Erhöhungen abzuebenen, oder alle Vertiefungen zu erlöschen vermag.

3. Warum die Flüssigen z. B. die fetten Oele zur Verminderung der Reibung bei Maschinen dienen ꝛc.

4. Warum die **Metalle**, die **Gläser** ꝛc. und andere **Mineralien** in Vergleich mit Thier- und **Pflanzenkörper**, die beste Politur annehmen.

5. Es läßt sich ferner der Grund angeben — warum sich **Quecksilber** in das Gold, Silber, Kupfer, Messing, Zinn, Blei, wie das Wasser in einen Schwamm hineinziehe.

6. Warum Silber, das mit Papier und Leinwand vielmal umwickelt ist, über flüchtiger Schwefelsäure in kurzer Zeit eine **schwarze** Farbe annehme.

7. Wie sich **Marmor** mit gewissen gefärbten Tincturen bemalen, und noch nach Abschleifung desselben das Bild darstellen, und auf

sol-

solche Weise ein Kunstwerk für ein Naturproduct den Unkundigen, oder den nicht genug Prüfenden aufbinden lasse.

8. Warum eine Menschenhand vor das **Licht** gehalten, bei Nacht zwischen den Fingern **roth**glühend erscheine.

9. Es läßt sich aus dem zellichten — porösen Gewebe ferner einsehen — die **Möglichkeit** der beträchtlichen **Ausdünstung** aus dem menschlichen Leibe, nach den Versuchen **Sanctorins.**

10. Die Möglichkeit, daß sich aus der Atmosphäre eine Menge **wässerigter** Theile, in die Haut des menschlichen Körpers einziehe z. B. bei Wassersüchtigen ꝛc.

11. Die Möglichkeit, daß ein **Kranker** Jahrelang ohne Speis und Trank, durch die Particelchen, welche die Menschenhaut aus der Luft einschluckt, leben könne. (Unsers Doctors und Prof. v. Hößle, Geschichte von einer Kranken, die im Spitale zu Sonthofen zehn Jahre ohne Speis und Trank gelebet. 1780).

12. Es ist ferner erklärbar der Einfluß der Rauchwerke, der Salben, der Ueberschläge rc. auf die innern Theile des thierischen Körpers.

13. Die Effecte der sympathetischen Dinten rc.

14. Die Möglichkeit, daß sich in ein Glas voll von eingedrückter Asche noch Wasser, beinahe von gleichem Inbegriffe, hineingießen lasse rc.

U. s. w.

* Man hat sich auch der Porosität bedient, die Einflüsse der Winschelruthe auf die Metalle unter der Erde, der sympathetischen und antipathetischen Mittel u. d. gl. zu erklären; allein physikalische Erklärungen von Erscheiuungen, deren Wirklichkeit nicht hinlänglich, oder wohl gar ununtersucht oder falsch ist, taugen weiter zunichts, als abergläubische Meinungen zu nähren, und den Scharlatanen ihre Plünderungen, die sie durch ihre Blendwerke an dem Pöbel ausüben, zu begünstigen und zu erleichtern.

98.

6. Physische Theilbarkeit der Körper.

Begriffe.

1. Werden Körper durch eine hinlängliche äußere Gewalt in Theile zertheilt, so geschieht dieß so, daß

entweder die Theile dem Ganzen gleichartig d. i. mit ihm von einerlei Beschaffenheit,

oder ihm **ungleichartig** d. i. mit ihm von anderer Beschaffenheit sind:

Im ersten Falle heißt die Theilung **mechanisch**, im zweiten **chemisch**... Beide Theilungsarten begreift man unter den Begriff einer **physischen Theilung**.

2. Die **mechanische Theilung** geschieht durch Zerschlagen, Zerstossen, Zermalmen, Zerraspeln, Zerhauen, Zerhobeln, Zersägen ꝛc. — **fester Körper**, und durch ein Abtröpfeln, Abgießen, Zersprützen ꝛc. der **Flüssigen**; — die **chemische Theilung** wird bewerkstelligt durch Zersetzung der festen mittels flüssiger Körper z. B. durch das Feuer, durch die Luft, die Säuren ꝛc.

3.

3. In je kleinere Theile ein Körper zerstückelt wird, desto grösser wird seine Oberfläche, man zerschneide z. B. nur einen Würfel und messe! (62.)

4. Alle Körper sind in Theile theils mechanisch theils chemisch trennbar.

99.

Der Grund der physischen Theilbarkeit der Körper

Liegt in der Beschränktheit der anziehenden Kräfte, welche die Ursache des Zusammenhanges sind. Es ist nemlich jede Bewegungskraft beschränkt: mithin auch die Ziehekraft, welche der Absonderung der Trennung der Theile widersteht: es muß also der Widerstand, welcher jeder trennenden Gewalt geschieht, von irgend einer äußern Ursache überwindlich sein d. h. alle Körper sind durch eine hinlängliche äußere Ursache theilbar.

100.

Grösse der physischen Theilbarkeit.

1. Ein Gran Karmin färbet eine so grosse Menge Wassers, als erfodert wird, einer Wand von 288 Quadratschuhen eine röthlichte Farbe zu geben. Sieht man die Fläche von 288 Quadratschuhen als ein Viereck an, so ist dessen Seite beinahe 17 Schuhe oder 170 Zoll. Nun kann man bei einer Länge von einem Zoll noch mit blossem Auge 200 Theile unterscheiden: es wird also die Seite von 17 Schuhe oder 170 Zoll multiplicirt mit 200 = 34000 merkliche Theile in sich begreifen, deren Quadrat 1,156'000,000 kleinere Quadrate ausmacht. Da nun jedes dieser kleinen Quadrate wenigstens Einen merkbaren Theil des Karmins enthalten muß, um dasselbe gefärbt vorzustellen, so enthält ein Gran d. i. $\frac{1}{60}$ Quentchen Karmin 1,156'000,000.

2. Ein Gran Kupfer im Salmiakgeist aufgelöset färbt 393 Cubikzoll Wasser mit einer sehr schönen blauen Farbe. Nimmt man an, in jedem Theilchen Liquor von der Grösse eines Sandkornes, deren eine Million auf den Cubikzoll gehen, befinde sich nur Ein Theilchen Kupfer,

Kupfer, so folgt schon, daß ein Gran Kupfer in 393 Millionen Theile zertheilt werden.

3. Zu Goldtressen verfertigt man Dräte und Blättchen und überzieht mit einer kleinen Goldportion, eine unglaublich große Fläche derselben. Es wird nemlich eine 15 Linien dicke und 22 Zoll lange Silberstange, welche 45 Mark wiegt, zu den gemeinen Lyoner Tressen, mit einer einzigen Unze Gold überzogen oder vergoldet. Diese also vergoldete Silberstange wird mit Gewalt durch mehrere runde Löcher, wovon das nachfolgende immer enger als das vorhergehende ist, gezogen. Die Stange dehnt sich dadurch immer mehr in die Länge, und die Oberfläche bleibt immer mit Gold bedeckt. — Reaumur berechnet, daß die ganze Stange von 45 Mark auf solche Weise in einen Faden, der 1'163,520 pariser Schuhe, beiläufig 50 deutsche Meilen, lang ist, ausgezogen werde... Hieraus läßt sich dann ferner durch Rechnung finden, daß das Goldblättchen, welches die Oberfläche des Drates bedeckt, wenn es überall gleich stark wäre, nur $\frac{1}{345,340}$ einer pariser Linie dick sein könne... Diese Theilbarkeit des Goldes ist erstaunenswürdig, aber noch nicht auf die äußerste Grenze geführt!

4.

4. Ein einfacher Seidenfaden, den ein Seidenwurm spinnt, ist so dünn, daß er bei einer Länge von 360 Schuhe nur ein Gran wiegt. Nun kann jede Zolllänge in 60 mithin der Schuhe in 6000 Theilchen getheilt werden, deren jeder der Grösse einer Haardicke gleichkommt, und also dem bloßen Auge noch sichtbar ist. Man kann also durch Zerschneidung eines Seidenfadens in solche Theile, ein Gran Seide in 360. 6000 = 2'260,000 sichtbare Theile theilen.

5. Im Wasser, das auf Pfeffer gegossen an der Sonne gestanden hatte, fand Löwenhöck durch sein Mikroskop organische Körperchen von dreierlei Grössen, wovon die kleinsten nur den tausendsten Theil eines Sandkörnchens im Durchmesser hatten. Es giebt also Infusionsthierchen, deren körperlicher Inhalt nur den 1,000'000,000sten Theil eines Sandkörnchens ausmacht: und sie sind dennoch organisirt, haben also (sie mögen nun eigentliche Thiere, oder nur vegetabilische Körper sein) noch weit kleinere Gefässe, Glieder, Saftheilchen ꝛc.

6. Ein Gran Moschus kann 20 Jahrelang einen großen Raum mit merklichem Geruche erfüllen; ungeachtet die Luft alle Tage abgändert wird,

dß=

ohne einen merklichen Verlust seines Gewichtes zu leiden. — Eine Masse Asa fötida (Asandharz) verlor des heftigen Geruches ungeachtet in sechs Tagen an freier Luft nur $\frac{1}{8}$ Gran von ihrem Gewichte, woraus de la Keill berechnet, daß die Größse eines jeden Theilchens geringer, als die Größse eines 38 Milliontheilchens eines Cubikfußes gewesen sei.

* Mehrere Beispiele und Berechnungen dieser Art findet man bei Keill, Introd. ad veram phys. Oxon. 1701 — bei Reaumur, Mem. de Paris. 1713 — bei Wolf Vernünft. Gedanken von den Wirkungen der Natur. Halle 1723 ꝛc. — in Gehlers phys. Wörterbuch bei den Articeln Ausflüsse, Dehnbarkeit, Theilbarkeit.

** Die Theilchen werden bei fortgesetzter Theilung so klein, daß sie unter der Hand der Kunst verschwinden; aber daraus, daß wir endlich der fernern Theilung unterliegen, folgt nur die Beschränktheit und das Unvermögen der Kunst, keinesweges die innere Unmöglichkeit der Theilung an und für sich ꝛc.

101.

7. Undurchdringlichkeit.

Vermöge dieses Körperphänomens setzen die Körper jeder äußern Ursache, die in ihrem Raum einzudringen strebet, **Hinderniß** — **widerstehen** ihr.

I. Durch jeden Widerstand wird der Zustand dessen geändert, dem Widerstand geschieht: der Widerstand ist daher eine **Thätigkeit**, und mithin hat die Undurchdringlichkeit etwas Thätiges zu Grunde.

II. Besteht folglich nicht, wie einige meinten, in einem **Unvermögen** der Körper andere zu durchdringen, sondern, es ist

III. eine **Kraft** und zwar die **Stoßkraft** der Körper Ursache der Undurchdringlichkeit; denn diese ists, welche dem weitern Eindringen einer äußern Ursache in den Raum, den ein Körper erfüllt, Widerstand thut — und auf solche Weise die Gemeinschaft des Ortes zweier oder mehrer Körper unmöglich macht (32.). Da nun dieß der Begriff von der Undurchdringlichkeit ist (27.); so ist die **Stoßkraft**,

wo=

womit die Körper ihren Raum erfüllen; die wahre Ursache der Undurchdringlichkeit.

IV. Da die Stoßkraft Grade hat (35. c.); so sind alle Körper, mehr oder weniger zusammendrückbar: folglich nicht absolut sondern relativ undurchdringlich (Rein. Th. 50.*).

* Die Undurchdringlichkeit giebt den Knochen, die unsern Leib tragen, Festigkeit, und dem ganzen Körperbau Haltung; die Undurchdringlichkeit des Bodens sichert unsern Gang, daß wir nicht sinken; die Undurchdringlichkeit macht die Metalle hammerbar — kurz, die Undurchdringlichkeit giebt allen Körpern ihre Brauchbarkeit für die Menschen! — daher der Ausdruck einiger Naturforscher „Körperlichkeit" für Undurchdringlichkeit.

102.

8. Federkraft.

1. Unter den festen Körpern besitzen die Elasticität im hohen Grade die Federn, Vogel- und Stahlfedern (daher der Name Federkraft) die Haare, die Metall- und Darmsaiten, die elfenbeinerne Kugeln, das elastische Harz (nicht elastisches Gummi) u. a. m.

2. Unter den Flüssigen sind vorzüglich elastisch, die Luft, die Wärmematerie, die Wasserdämpfe u. a. m.

3. Die festen Körper äußern sich elastisch, federnd, wenn ihre Figur durch Ziehen, Dehnen, oder durch Zusammendrücken abgeändert wird. — Die Flüssigen wirken elastisch, wenn ihr Umfang durch Ausspannung vergrössert, oder durch Zusammendrückung verkleinert wird.

4. Die Federkraft wird von diesen Aenderungen des Ausspannens und Zusammendrückens her expansive und adtractive Federkraft genennt.

5. Vollkommen elastisch wäre jener Körper, der zu jeder Zeit und unter allen Umständen seine abgeänderte Figur ganz genau wieder zurückzunehmen fähig wäre.

6. Absolute Federkraft ist die Stärke des Druckes, womit ein elastischer Körper der Gewalt, die ihn zusammendrückt, widersteht. Specifische Federkraft drückt das Verhältniß aus zwischen absoluter Schnellkraft, und der Dichtigkeit einer elastischen Materie, so, daß wir jenen

jenem Körper eine grössere Federkraft zueignen, welche bei eben derselben Dichtigkeit einen stärkern Gegendruck ausübet; daher die Ausdrücke: dieser Körper hat zweimal, dreimal ꝛc. mehr specifische Federkraft, wenn er bei eben derselben Dichtigkeit zweimal, dreimal ꝛc. stärker der zusammendrückenden oder ausspannenden Gewalt widersteht, als ein anderer.

7. Gleichförmige Federkraft eignet man einem Körper zu, wenn in allen Theilen seiner Masse die specifische Federkraft dieselbe ist; ungleichförmig elastisch nennt man hingegen jene Körper, deren specifische Federkraft in einigen Theilen oder Lagen, bald grösser bald kleiner ist.

103.

Gesetze der Elasticität fester Körper.

Erfahrung. Wenn man 60 — 70 Schuhe länge Saiten ausspannet, und bald an der Länge, bald an der Dicke der Saiten, bald an der Spannkraft eine Aenderung machet, so lehret der Augenschein, daß auch in der Federkraft der Saiten eine Aenderung vorgeht, und zwar

so, daß die Saiten um so schneller ihre abgeänderte Figur annehmen,

je kürzer

und je dünner die Saiten,

und je gespannter dieselben sind.

Nun kann man aber mit Gravesande (Physices elem. mathem. T. I.), alle Körper als Gewebe aus gespannten Fibern oder Saiten ansehen, und mithin die Erscheinung der Saiten auf alle Körper anwenden.

I. Es ist also dieß ein allgemein Gesetz, der Elasticität fester Körper: je dünner und je kürzer ihre Fibern, und je gespannter sie sind, desto elastischer ist der Körper.

* Dieses Gesetz erhält seine strenge Bestimmung und Allgemeinheit, in der Theorie der Luft.

II. Was demnach die Länge oder die Dicke oder die Spannkraft der Fibern elastischer Körper ändert, bringt auch Aenderung ihrer Federkraft hervor.

104.

Gesetze der Federkraft flüssiger Körper.

1. In einem Raume, worinn sich eine elastische flüssige Materie befindet, tragen die untern Schichten das Gewicht der obern; werden deßhalb von den obern, die auf ihnen liegen, zusammengedrückt: folglich sind die Schichten und die Theile der elastischen Flüssigen, welche von den aufliegenden gedrückt werden, d. i. die untenzuliegenden allemal dichter als die obern, z. B. die Luft ist im Thale oder in Ebenen dichter, als auf Anhöhen.

2. Liegt eine flüssige elastische Materie irgend auf einer Fläche auf; so muß der **Druck**, den sie auf diese ausübt, geändert **werden**, wenn eine **Aenderung** vorgeht

entweder in der Masse des Flüssigen,
oder in der **Federkraft** desselben,
oder in der **Masse und Federkraft zugleich**;

denn ein elastisches Flüssige, das zusammengedrückt ist, spannt sich nothwendig gegen den Widerstand mit gleicher Gegenwirkung (55.) aus: drückt also nicht blos gegen die aufliegende Masse son-

sondern auch gegen die Fläche, welche es begrenzt, mit derselben Gewalt, mit welcher es gedrückt worden... Wird also der Druck auf die untern Schichten eines elastischen Flüssigen entweder durch zunehmende Masse, oder durch vergrösserte Federkraft des Aufliegenden oder von beiden zugleich vergrössert, — oder umgekehrt, so muß auch der Druck auf eine gegebene Fläche, vom angrenzenden elastischen Flüssigen vergrössert — oder im umgekehrten Falle verkleinert werden. Z. B. der Druck der Luft, welcher das Quecksilber im Barometergläschen erhebt, muß geändert werden, wenn die aufliegende Luftmasse dichter oder dünner wird d. i. ihre Masse zu- oder abnimmt; oder wenn bei derselben Dichtheit die Federkraft derselben wächst oder abnimmt — oder wenn sowohl die Masse als die Federkraft eine Aenderung leidet.

* Nun, den Grund der Federkraft und ihrer Erscheinungen! — zuvor

105.

Die Meinungen verschiedener Naturforscher von der Ursache der Federkraft.

Die Hypothesen welche die Gelehrten von jeher ausgedacht hatten, um die Phänomene der Fe-

Federkraft zu erklären, tragen wie alle Meinungen und Theorien das Gepräge der herrschenden Denkart des Zeitalters... Vor Boil's und Hawksbee's Versuchen mit der Luftpumpe, mithin vor den eingeholten Erfahrungen, daß die Körper im luftleeren Raume von ihrer Federkraft nichts verlieren, leitete man die Ursache der Federkraft sehr allgemein von der Luft ab.

Cartesius erklärte die Federkraft der Luft (vim resiliendi aeris compressi heißt ers) von einer innern Bewegung der Lufttheilchen nach den Gesetzen des Stosses — die Federkraft des Glases, mithin der festen Körper, leitet er von einer **subtilen Materie** her, die den festen Körpern Zwischenräume verschaft, und diesen eine gewisse Gestalt gegeben haben soll. Da nun beim Beugen der Körper die Gestalt z. B. die runden Gänge in denselben verändert werden, so stößt die subtile Materie gegen die Seitenwände der Gänge, und sucht dadurch die vorige Gestalt wieder herzustellen..

Die **Naturforscher des vorigen Jahrhunderts** hielten sich bei Erklärung der Elasticität fester Körper an die materia subtilis des **Cartes**, nannten sie **Aether**, **Elementar**feuer

feuer rc. modificirten ihre Bewegung verschieden, ließen bald jedes Theilchen derselben sich um seine Achse drehen, bald mehrere um einen gemeinschaftlichen Punct einen Wirbel bilden, um dadurch eine Schwungkraft zu erhalten, welche den Körper antreiben soll, die veränderte Figur wieder anzunehmen.

Rohault (Physica ex Edit. Klarkii Lond. 1711.) und andere suchten den Grund der Federkraft in der Gestalt der Körpertheilchen, welche sie sich als kleine Flocken Baumwolle, oder als Uhrfedern vorstellten.

Newton gab die Stoßkraft, als Ursache der Schnellkraft an (Optik. q. 23. nach der Klark. Aus. London. 1706.).

Allein, die Hypothesen, welche die Federkraft einer feinen Materie oder von der Gestalt der Theilchen — mithin mechanisch ableiteten, setzen die Federkraft der feinen Materie und der kleinen Körpertheilchen voraus; — sind also nicht nur ganz willkührlich angenommene Ursachen, sondern auch unzureichend alle Erscheinungen zu erklären. — Der dynamische Grund des Newtons, die Stoßkraft, ist allein kein hin-

hinlänglicher Grund aller Erscheinungen der Federkraft; denn es giebt ja nicht blos eine expansive sondern auch eine adtractive Elasticität (102. 4.).

106.

Die wahre Ursache der Federkraft

Ist die Stoßkraft in Vereinigung mit der Ziehekraft. Denn, wird die Figur eines Körpers — eines festen oder flüssigen abgeändert, so treten einige Theile allemal näher zusammen d. i. streben ineinander einzudringen, andere weichen etwas voneinander. Man betrachte nur eine gespannte Saite! — Nun können aber die anziehenden Kräfte, welche nach etwas erweiterten Abästnden wirksamer werden (40. II.), die auseinander getretenen Theile wieder zusammenziehen; und die Stoßkräfte, welche bei vermindertem Raume auch wachsen, können die zusammengetretenen Theile wieder zum Voneinandergehen bestimmen; — Stoß- und Ziehekräfte also vereint machen, daß die Theile wieder in ihre vorige Lage kommen — und auf solche Weise dem Körper die abgeänderte Figur wie-

wiedergeben, sobald die äußere Ursache zu wirken aufhört.

107.

Erklärung besonderer Phänomene der Federkraft fester und flüssiger Körper.

1. Erfahrung. Dickere und längere Saiten sind weniger elastisch, als dünnere und kürzere... Erklärung. Bei Wiederherstellung der Figur, die durch eine äußere Gewalt verändert worden, reiben sich in einer dickern und längern Saite mehrere Theile, als bei einer dünnern und kürzern: es ist daher das Hinderniß der Bewegung in dickern und längern grösser, als in dünern und kürzern; folglich die Wiederherstellung der vorigen Figur langsamer.

2. Erfahrung. Mehr gespannte Saiten sind elastischer als weniger gespannte... Erklärung. Durch eine grössere Spannung werden einige Theile weiter voneinander getrieben, andere mehr zusammengedrückt. Nun wächst bei etwas erweiterten Abständen die Ziehekraft (40. II.), und bei verkleinerten Räumen die Stoßkraft (35.): es werden daher bei

grös-

grösserer Spannung die voneinandergetretenen Theile schneller in ihre vorige Lage zurückgezogen, und die zusammengedrückten stärker zurückgestossen: es geschieht also bei grösserer Spannung die Wiederherstellung der vorigen Figur geschwinder als bei weniger gespannten, d. h. jene sind elastischer als diese.

3. **Erfahrung.** Mersenne fand, daß eine aus 12 Darmhäutchen verfertigte, und mit 8 Pf. Gewicht gespannte Saite mit einer $\frac{1}{4}$ Linie dicken und mit 6 $\frac{3}{8}$ Pf. gespannten Metallsaite den Einklang gab, daß aber die Darmsaite nur 40 Secunde, die Metallsaite 64 Secunde lang zitterte... **Erklärung.** Die Thierkörper sind durchaus poröser als die mineralischen (97.): die Theile der Darmsaite reiben sich daher viel stärker bei Wiederherstellung ihrer Figur als jene der Metallsaite, verlieren also mehr von ihrer Bewegung.

3. **Erfahrung.** Die Elasticität der flüssigen sowohl als der festen, ist gar sehr verschieden: man vergleiche nur die Elasticität der Luft mit jener des Wassers — die Elasticität des Silbers mit jener des Golds! und wie unendlich

man=

manchfaltig sind die Abstufungen der Federkraft, in den unendlich verschiedenen körperlichen Dingen! — Erklärung. Die Stoßkraft, die jedem Materietheilchen wesentlich ist, besitzt Grade: es sind daher zwischen der ursprünglichen Stoß- und Ziehekraft unendlich viele Verhältniße möglich (R. Th. 51.): also auch unendlich viele Verschiedenheiten in der Federkraft der Materien begreiflich... Sind die Stoßkräfte eines Flüssigen durch die ursprüngliche Ziehekraft wenig begrenzt, so müssen die Theile desselben leicht zusammendrückbar, und bei Nachlassung des Druckes fähig sein, sich wieder auszudehnen und die vorige Figur anzunehmen z. B. in der Luft; sind die Stoßkräfte durch die ursprüngliche Ziehekräfte sehr beschränkt, so läßt die Zusammendrückung desselben sehr schwierig, aber die Stoßkraft wird bei erfolgter geringen Zusammendrückung sehr stark sein z. B. im Wasser — daraus die Erklärung des Abspringens eines Steines von der Wasseroberfläche, auf welche derselbe sehr schief geworfen worden — und das Abprällen einer schief darauf geschossenen Kugel 2c... Die festen Körper entstehen durch Erstarrung der Flüssigen: es können daher die Fibern und Fasern, die beim Uebergange der Flüssigen in den

fe-

festen Zustand entstehen, an Dicke, Länge, Spannkraft unendlich verschieden sein (78. 79.): also eine unendliche Verschiedenheit der Federkraft in festen Körpern gründen.

5. **Erfahrung.** **Durch Versetzung der Metalle mit andern wächst die Federkraft**, z. B. zu Klocken, welche gut schallen sollen, nimmt man eine Composition von Kupfer, Zinn, und Zinck (Klockenspeise, aes campanum, bronze) ꝛc. — **Erklärung.** Bei Erstarrung solcher Mischungen müssen die Fibern gerade eine solche Textur annehmen, worinn sie nach dem allgemeinen Gesetze (103.) am meisten elastisch sind.

6. **Erfahrung.** **Viele Körper ändern ihre Federkraft mit der Zeit**, wo z. B. ein zu lange gebogener Reif — viele, wenn sie warm oder feucht, viele, wenn sie kalt oder trocken werden z. B. die Austrocknung benimmt dem Herzmuscel seine Schnellkraft; dem Papier aber giebt sie dieselbe. Die Wärme ertheilt dem elastischen Harze einen sehr federnden Zustand, Kälte aber raubt sie demselben u. s. w. — Nemlich Wärme und Kälte, Feuchtigkeit und Trockenheit ändern die Körper sehr — spannen sie bald in einen grössern Raum aus, ziehen sie bald in einen

nen engern zusammen: da ist die Aenderung der Fibern, woraus sie gebaut sind, nothwendig; sie müssen izt dünner, ein andersmal dicker, bald länger bald kürzer, und mithin wechselweise mehr und minder gespannt d. i. die Zustände der Elasticität müssen modificirt werden.

U. s. w.

108.

9. Ausdehnbarkeit.

Vermöge dieses Körperphänomens, kann die nemliche Quantität Materie eines Körpers in einen grössern Raum — ohne Trennung ihrer Theile, ausgespannt werden (26.). — Nemlich, die Stoßkraft, wodurch die Materie ihren Raum erfüllt, hat Grade, über welchen und unter denen, ins Unendliche andere können gedacht werden (Rein. Th. 49.): es kann also die nemliche Quantität Materie

entweder durch Nachlässung der Ziehekraft, welche die Stoßkraft beschränkt,

oder durch eine äußere Gewalt, welche die Ziehekraft überwindet

immer in einen grössern Raum, bis ins Unendliche ausgedehnt werden.

109.

Die festen Körper, welche sich in einem hohen Grade ausdehnen lassen, heißen mit besondern Namen streckbar, geschmeidig, dehnbar, ductilia: alle eigentliche Metalle besitzen diese Eigenschaft, besonders Gold, die Dratziehereien lehren die große Streckbarkeit des Kupfers, Messings und des Eisens.

110.

Die Flüssigen, deren Dehnbarkeit groß ist, heißen zähe viscosa. .. Die Gummi und der Stoff, woraus die Seidenwürmer, die Spinnen und andere Insecten ihre Fäden ziehen, sind sehr dehnbar: obschon die Materie, woraus die Insecten ihre Gewebe spinnen, im trockenen Zustande sehr spröde sind. — Glas ist bei einem hinlänglichen Wärmegrad gar sehr dehnbar. Man hält das Ende eines Glasröhrleins in die Flamme der Lampe, läßt es durch die Hitze weich werden; hängt dann ein feines gläsernes Häckchen daran, und zieht dasselbe schnell aus. Wird der ausgezogene Glasfaden an den Umfang eines Haspels angemacht, und derselbe schnell um-

ge-

gedreht, so wickelt sich der feine Glasfaden, wie ein Garn um die Peripherie des Haspels.

* Glasfäden dieser Art sind nicht völlig rund, sondern oval; die längere Achse ihres Durchmessers ist 3—4mal grösser als die kürzere. Die feinsten dieser Fäden haben wie die Fäden der Spinnen, eine ungemeine Biegsamkeit und Elasticität. Es werden aus solchen Glasfäden, wenn sie haardünn sind, Federbüsche und Perücken verfertigt. .:. Erfänden die Menschen die Kunst, aus Glas so feine Fäden zu ziehen, wie jene sind, welche die Seidenwürmer spinnen (100. 4.); so würden wir aus Glas Zeuge weben, die so haltbar als jene von Seide wären, und ihre Farben würde keine Sonne abfärben und keine Zeit erlöschen! —

III.

10. Zusammendrückbarkeit.

Die Versuche der Academie de cimento in Florenz, und des Muschenbröcks veranlaßten die Behauptung, daß das Wasser von der Allgemeinheit dieses Körperphänomens eine Ausnahme mache; und nicht zusammendrückbar sei. Allein das Wasser ist offenbar elastisch (28. 2.): mithin zusammendrückbar, obwohl im geringen Grade. — Obendrein haben die Com-

pres-

pressionsmaschinen des Fontana (1777) des Abichs (1779) und anderer Naturforscher die merkliche Zusammendrückbarkeit des Wassers nun auch außer Zweifel gesetzt.

Die elastischen Flüssigen sind der Compression, der Zusammenziehung in einen engern Raum vorzüglich fähig. z. B. die Luft läßt sich in einen 800mal kleinern Raum zusammenpressen ꝛc.

112.

Der Grund dieser Erscheinung? — Die Materietheilchen sind nur relativ undurchdringlich (101. IV.); können also — nach dem Verhältniß der ursprünglichen Ziehe- und Stoßkraft von einer hinlänglichen Ursache immer in einen engern Raum zusammengedrängt werden. *

* Die Wärme dehnt alle Körper, wie wir oben lehrten, in einen grössern Raum aus; die Kälte hingegen treibt sie in einen engern Raum zusammen. — Nemlich die Wärmematerie zieht sich in die Körper, und drängt die Materietheilchen auseinander: verflügt die Wärmematerie wieder, so thun die Ziehekräfte, welche von ihrer Wirkung durch die eingedrungenen Wärmetheilchen suspendirt worden, wieder ihre Dienst, und ziehen die Theilchen

chen wieder zusammen und vermindern dadurch ihren Raum ꝛc.

113.

11. Die Schwere.

Haupterscheinungen, und einige Erklärungen.

1. Alle Körper, die wir kennen, fallen, sich überlassen, auf die Erde, das heißt mit einem andern Ausdrucke: alle Körper sind schwer auf die Erde.

2. Sowohl die **ruhenden** als die **bewegten** Körper sind schwer; denn unterstützt, drücken alle Körper auf die Unterlage; aufgehångt spannen sie alle den Faden, die Schnur ꝛc., woran sie hangen u. s. w.

* Die Linie, nach welcher die Körper fallen, oder einen Faden u. d. gl. spannen, heißt die **Richtung der Schwere**, oder auch die **lothrechte**, **bleirechte Linie**. Die Ebene, auf welche die Richtung der Schwere senkrecht ist, heißt die **Horizontalfläche**, **Horizon**; und die Linien einer solchen Fläche **Horizontallinien**, **wagrechte Linien**.

3. Die Richtungslinien der Schwere sind auf das ruhige Wasser und auf jede Horizontalfläche vertical: und mithin

4. Zielt die Schwere aller Körper gegen den Mittelpunct der Erde; denn jede Linie, welche auf einer Kugelfläche vertical steht, geht genau durch den Mittelpunct der Kugel: die Erde weicht aber nach den eingeholten Erfahrungen etwas ab von der Kugelgestalt, die Schwere treibt daher die Körper auch nur beinahe gegen den Erdemittelpunct.

* Wegen der beinahe kugelförmigen Gestalt der Erde, ist die wahre Horizontallinie (Horizontalis vera) ein Bogen, weil aber ein Bogen von wenig Minuten nicht merklich von einer geraden Linie abweicht, so nimmt man dafür eine gerade Linie, welche eigentlich jenen Bogen nur in einem Puncte berührt, und scheinbare Horizontallinie (adparens) heißt: woher auch die Benennungen wahrer und scheinbarer Horizon.

** Weil die Erde kugelförmig ist, so sagt man, ein Körper sei oben, oberhalb, wenn er weiter vom Mittelpunct entfernt ist als ein anderer, von dem hernach der Ausdruck gilt, daß er sich unten, unterhalb befinde.

5. Die Schwere nimmt ab, als wie die Quadrate der Entfernungen vom Mittelpuncte der Erde zunehmen, welches wir nachher darthun werden.

6. Jeder Körper, der von einer Höhe herabfällt, bewegt sich beschleunigend, und zwar **gleichförmig**, das ist, erhält in folgenden Zeitchen immer neue und gleiche Zuwüchse an Geschwindigkeit. — Hingegen bleibt der **Druck** eines ruhenden Körpers immer gleich.

* **Galilei** war der erste, der zur Bestimmung der Bewegungsart, welche die Körper vermöge ihrer Schwere im Fallen annehmen, Versuche angestellt hat. Er ließ von verschiedenen Höhen auf einer mit Pergament bekleideten Krinne, die mehr und weniger schief gestellt werden konnte, metallene Kugeln herunter rollen, und bemerkte, daß sie sich mit einer gleichförmig vergrösserten Geschwindigkeit dem Boden näherten. Die Versuche des **Grimaldi** und **Riccioli** zeigten nachher die Gesetze dieser Bewegung ganz genau; diese ließen nemlich 8 Unzen schwere Kugeln aus Kreide gemacht, von verschiedenen Höhen, theils aus den Fenstern der Häuser, theils von Thürmen fallen, und bemerkten folgendes:

Zeit.	Der in jeder einzelen Zeit durchgelaufene Raum in römischen Schuhen	Der am Ende der Zeit durchgelaufene Raum
1	15	15
2	45	60
3	75	135
4	105	240

Wenn man demnach den Raum, den ein Körper in der ersten Secunde durchläuft, als Einheit annimmt, so durchlaufen

** Nach pariser Schuhen beträgt der Raum für eine Secunde 15 Schuhe. 1 Zoll. 1 $\frac{4}{9}$ Linie.

I. Die schweren Körper in ihrem Falle in einzelnen Zeiten stäts solche Räume, die sich verhalten, wie die natürlichen aufeinander folgenden ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, ꝛc.

II. Die seit dem Anfange der Bewegung durchgelaufenen Räume aber verhalten sich zu einander, als wie die Quadrate der Zeiten, und folglich

III. Die Zeiten des Falles: folglich auch die Geschwindigkeiten (vorher. 6.) als wie die

die Quadratwurzeln aus den vom Anfange der Bewegung durchgelaufenen Räumen.

7. Wird ein Körper unterstützt, so offenbart sich sein Streben zu fallen durch den Druck auf das Hinderniß, das den Fall aufhält (auf die Unterlage: dieser Druck ist durchgehends desto grösser, je grösser die Menge der Theile d. i. die Masse ist.

* Die Grösse des Druckes heißt Gewicht: das Gewicht ist daher allemal im Verhältniß der Masse, keineswegs der Oberflächen.

** Gewicht und Schwere sind nicht für gleichvielgeltende Ausdrücke zu halten. Die Schwere ist das Streben jeder einzeler Theile, Gewicht aber bedeutet die Summe der Bestrebungen aller Theile eines Körpers.

*** Die Schwere, welche wir mit Hinsicht auf die Inbegriffe der Materie schätzen, heißt specifische Schwere, grauitas specifica; ohne diese Hinsicht wird die Schwere absolut, grauitas absoluta, genennt. Ein Körper, der unter dem nemlichen Rauminhalt mehr wiegt ist daher specifisch schwerer, hingegen jener, der bei dem nemlichen Inbegriff weniger wiegt, specifisch leichter.

8. Im luftleeren Raume, den man durch Maschinen hervorbringen kann (Abhandlung von der Luft), fallen alle Körper vom grössern und kleinern Gewichte, z. B. eine Goldmünze und eine Pflaumfeder gleich schnell; nicht also in der Luft oder in einem andern flüssigen Wesen, denn darinn bewegt sich im Fallen der dichtere schneller als der weniger dichte, wenn übrigens die Inbegriffe nicht sehr ungleich sind.

9. Fällt ein Körper in einem Mitteldinge, so verändert sich die beschleunigende Bewegung in die gleichförmige, und zwar desto eher, je dichter das Medium, je kleiner der fallende Körper, und je schneller sein Fall ist.

10. Körper, die in unserer Luft hoch genug herunter fallen, kommen in einer gleichförmigen Bewegung zu uns: und Körper, welche in die Höhe geworfen werden, bewegen sich mit einer Geschwindigkeit, die in eben dem Verhältniß abnimmt, nach welchem ihre Geschwindigkeit beim Falle wächst.

11. Die Schwere der Körper ist in den Gegenden, welche den Polen näher liegen, grösser, als in denen, welche von den Polen entfern-

fernter und dem Aequator näher sind. Das nemliche Pendul schwingt desto schneller je mehr man sich damit dem Nordpole annahet; desto langsamer herentgegen, je näher man zu den Aequator hinzukommt: das schnellere Schwingen des Penduls aber rührt von der gewachsenen Schwere her, (Lehre von der Pedulbewegung).

12. Auch auf sehr hohen Bergen bemerkt man ein Abnehmen der Schwere eines Körpers im Vergleich mit jener, die er am Fuß des Berges hat. (Aus den Beobachtungen des Herrn de la Condamine, Bouguer) ꝛc.

114.

Geschichte der Meinungen von der Ursache der Schwere.

So mannichfaltig und merkwürdig die Phänomene der Schwere sind, eben so verschiedene Meinungen finden wir über die Ursache derselben: ich erwähne der vornehmsten.

1. Cartes (Princip. phil. P. 4.) nimmt eine sehr feine schwermachende Materie zu Hilfe, und erklärt, es bewege sich dieses feine flüssige

fige Wesen mit einer ungemeinen Schnelligkeit im Wirbel (Vortex) um die Erde herum, und treibe dadurch die übrigen Körper, die sich nicht eben so geschwind bewegen können, nach dem Mittelpunct der Erde.

Allein, nach dieser Hypothese müßten die Körper nach der Achse der Erde, und nicht nach dem Mittelpunct schwer sein, wie dieß der Versuch mit zerstücktem Holze in der wasservollen und im Kreise gedrehten Glaskugel augenscheinlich machet.

2. **Huigens** und **Bülffinger** suchten die Cartesische Hypothese zu verbessern. **Huigens** ließ die feine Materie sich in solchen Kreisen bewegen, die sich allerwärts durchschneiden, und auf die Weise, seiner Meinung nach, die Körper gegen den Mittelpunct der Erde hintreiben. **Bülffinger** läßt aber die Wirbel sich um zwei Achsen drehen, die sich einander in rechten Winkeln schneiden, und die Körper gegen das Centrum der Erde determiniren sollen. (De caussa grauit. physf. generali etc. Paris. 1728 — de directione corporum grauium in vertice sphaerico et figura nuclei etc. in den Coment. petrop. 7. 1. p. 245.).

Allein, aller übrigen Schwierigkeiten, denen diese Hypothese unterworfen ist, nicht zu gedenken, so läßt sich darinn nicht begreifen, warum die Schwere sowohl in ruhenden als bewegten Körpern gleich wirke, und warum die Schwere den Massen und nicht den Oberflächen proportional sei.

3. Wolf (Gedanken von den Wirkungen der Natur §. 83.) sucht diesen leztern Umstand dadurch zu erklären, daß er annimmt, die Materia grauifica, welche an sich nicht schwer ist, aber schwer machen soll, durchdringe die Körper.

Allein, da hätten wir eine Wirkung ohne Widerstand, ohne Gegenwirkung, wie läßt sich aber so eine Wirkung begreifen, oder mit den bekannten Naturgesetzen vereinen? (55.) u. s. w.

115.

Gründe, daß die wahre Ursache der Schwere die gegenseitige Ziehekraft der Körper und der Erde sei.

1. So oft ich einen Körper z. B. einen Stein von der Erde wegnehmen, und in die Höhe

he heben will, so empfinde ich einen Widerstand; ich erfahre, es sei etwas, das der Absonderung des Steines von der Erde, widersteht: Nun aber heißt das, was der Absonderung überhaupt hinderlich ist, anziehende Kraft (34.) es ist also auch dieses Etwas, welches der Absonderung der Körper von der Erde widersteht, die Ziehekraft.

2. **Alle Planeten sind auf die Sonne und alle Trabanten auf ihre Primaren schwer; und der Grund ihrer Schwere ist die gegenseitige Ziehekraft, welche im verkehrten Quadratverhältniß der Abstände abnimmt.** Nun ist aber die Schwere der Erdekörper der Schwere der Himmelskörper ganz ähnlich: also ist auch die Ursache der Erdekörper

die anziehende Kraft, welche abnimmt, alswie die Quadrate der Abstände wachsen.

Beweis des Obersatzes.

Die astronomischen Beobachtungen lehren,

a. daß sich alle Planeten um die Sonne, und die Trabanten um ihre Primaren in Kreisen herumbewegen,

b.

b. daß die Bewegungslinien elyptisch sind, und

c. daß die Quadrate der Periodalzeiten mit den Kubicentfernungen in einem Verhältniß stehen.

Nun aber ist 1. eine Kreislinie überhaupt durch Eine Kraft, durch die blosse Wurfkraft (Vis centrifuga) unmöglich (wovon ausführlicher in der Lehre von den Bewegungsgesetzen): es giebt also außer der bewegenden Kraft der Planeten und der Trabanten auch eine andere, welche die Planeten gegen die Sonne als ihr Centrum, und die Trabanten gegen ihre Primaren als ihren Mittelpunct, hintreibet, das heißt: alle Planeten und alle Trabanten sind auf ihr Centrum schwer. — Wir werden 2. in der physischen Astronomie darthun, daß eine elyptische Kreislinie, und das vorher c. angeführte Verhältniß nie statt haben könnte, wenn nicht die Planeten und die Trabanten gegen ihr Centrum angezogen würden durch eine Ziehekraft (Vis centripeta) welche gerade abnimmt, alswie die Quadrate der Abstände wachsen: Also sind alle Planeten auf die Sonne und alle Trabanten auf ihre Primaren schwer; und

der

der Grund ihrer Schwere ist die gegenseitige Ziehekraft, welche im verkehrten Quadratverhältniß der Abstände abnimmt.

Beweis des Mittelsatzes.

Es ist nach den astronomischen Berechnungen gewiß, daß der Mond in dem 60 Halbdurchmesser weitem Abstande von dem Mittelpunct der Erde eine solche beschleunigende Gewalt besitze, die für sich allein betrachtet hinlänglich wäre, den Mond in der ersten Minute einen Raum von 15 pariser Schuhe 1 Zoll und $1\frac{4}{9}$ Linie gegen den Mittelpunct der Erde in beschleunigender Bewegung durchlaufen zu machen. Da nun diese beschleunigende Gewalt sich verkehrt, alswie das Quadrat der Entfernung verhält, so müßte sie im Augenblick, wo der Mond die Oberfläche der Erde erreichte, 3600mal stärker sein: der Raum also, den der Mond nahe an der Oberfläche der Erde durch freies Herabfallen binnen einer ersten Minute durchlaufen würde, müßte ebenfalls 3600mal grösser sein als jener von 15 Schuhe ꝛc. d. i. = 3600 × 15 Sch. 1. Z. $1\frac{4}{9}$ L. — Da nun in der beschleunigten Bewegung der Raum dem Quadrat der Zeit pro-

proportional ist, so läßt sich der Raum für die erste Secunde also finden:

3600 : 1 = 3600 × 15 Schuhe 1 Z, $1\frac{4}{9}$ L : x. das ist, das Quadrat einer Minute oder das Quadrat von 60″ = 3600 verhält sich zum Quadrat von 1″, alswie der Raum unter 60″ zum Raum, der in 1″ durchlaufen wird = 15 Sch. 1 Z. $1\frac{4}{9}$ L. — Nun ist aber dieser Raum eben derselbe, den ein Erdekörper innerhalb einer Secunde vermöge seiner Schwere durchläuft: (113. 6.) — Also ist die Schwere des Mondes (und so auch der übrigen Himmelskörper) und die Schwere der Erdekörper einerlei — weil sie einerlei Wirkungen hervorbringen. W. z. w.

3. Endlich haben alle Materietheilchen Ziehekräfte, die sich auf alle Materietheilchen in diesem Weltraume erstrecken, und die wie die Quadrate der Abstände abnehmen, (36) die angegebene Ursache der Schwere ist daher eine allgemeine Ursache, und sie reichet auch zu, alle hier vorkommende Phänomene hinlänglich zu erklären.

1. Es ist also die **Schwere** ein allgemeiner und beständiger Trieb der Körper

sich

sich im Mittelpunct zu vereinen, der gegenseitig wirkt, und abnimmt im verkehrten Quadratverhältniß der Abstände,

II. und dieser Trieb wird verursacht von der gegenseitigen allgemeinen Ziehekraft der Bestandtheile materialer Wesen, welche im angeführten Verhältniß wirket.

* Die Schwere, welche von der Sonne, als dem Mittelpuncte aller Planeten und Cometen, heraus wirket, und diese Himmelskörper innerhalb ihren Kreisen festhält rc. heißt mit eigenem Ausdrucke Gravitation, hievon in der phys. Astronomie ausführlicher.

116.

Erklärung der vorzüglichsten oben aufgezählten Phänomene.

1. Alle bekannte Körper fallen, sich überlassen auf die Erde. — Erklärung: die Ziehekraft, welche wir für den Grund der Schwere halten, ist gegenseitig (mutua grauitas); denn sie kommt allen Materietheilchen zu; aber die Summe der anziehenden Materietheilchen, woraus die ganze Erde besteht, übertrift beinahe unendlichmal die Summe der Theile, welche

ein=

einzele Körper ausmachen: mithin muß der Zug gegen die Erde unvergleichlich stärker sein, als egen je einen andern Körper, und folglich die Bewegung der Körper gegen die Erde geschehen.

2. Die **ruhenden** Körper sowohl, als die **bewegten** sind auf die Erde schwer. Erkl. Der Grund der Schwere liegt in der gegenseitigen anziehenden Kraft: nun kann aber in dieser weder die Bewegung noch die Ruhe eine Aenderung machen.

3. Alle Körper sind auf den **Mittelpunct** der Erde, schwer, obschon nicht ganz genau. Erkl. Weil der fallende Körper von **allen** Theilen der Erde angezogen wird, so kann er dem Zuge aller nur dadurch folgen, daß er auf den Mittelpunct der Erde strebt. Es lehrt aber die Mechanik demonstrativ, daß alle Theile einer anziehenden Kugel insgesamt also wirken, als wären ihre Kräfte im Mittelpuncte der Kugel vereint: da nun die Erde beinahe kugelförmig ist, so ist es natürlich, daß die Ziehekraft beinahe vom Centrum aus entspringe, nach geraden Linien in alle Gegenden wirke, und so alle Körper gegen den Mittelpunct hintreibe: woraus dann

4.

4. Erklärbar ist, warum die Richtungslinien der Schwere auf die ebenen Flächen vertical seien — diese Richtungslinien zielen nach dem Centrum der Erde, können also nicht anders als auf die Erdoberfläche vertical sein: — auch erklärt man aus dem vorigen

5. Warum die Schwere abnimmt, alswie die Quadrate der Abstände wachsen; — denn die Ziehekraft, welche gleichsam vom Mittelpunct ausgeht, verbreitet sich in grössere Räume, muß also abnehmen, wie die Räume wachsen; die Räume aber wachsen alswie diese Quadrate der Abstände vom Mittelpuncte an gerechnet (36.).

6. Die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers wächst immer, und zwar gleichförmig: herentgegen bleibt der Druck des ruhenden Körpers immer derselbe. **Erklärung.** Beim Druck wird in jedem Augenblicke die ganze Wirkung aufgehoben (durch die Gegenwirkung des Untersatzes): im folgenden Zeitpuncte aber mit gleicher Stärke erneuert: daher immer der nemliche Druck. Beim Falle eines Körpers hingegen erhält sich die in jedem Augenblicke erzeugte Geschwindigkeit wegen der Trägheit bleibend (10.), und wird in folgenden Augenblicke durch

einen neuen Zusatz von gleicher Stärke vermehret (weil in geringen Höhen die Schwerkraft, welche die beschleunigende Ursache ist, sich immer gleich bleibt): mithin wird die Geschwindigkeit des fallenden Körpers immer grösser, und wächst im gleichen Verhältniß mit der Zeit: d. i. die Bewegung eines fallenden Körpers ist gleichförmig beschleunigend.

7. Der Druck, mithin auch das Gewicht ist um so viel grösser als grösser die Masse ist. **Erklärung.** Der Druck oder das Gewicht ist die Summe aller schweren Theile, unter einem gegebenen Inbegriff: je grösser die Summe ist, desto grösser muß auch der Druck und das Gewicht sein: folglich richtet sich die Gewichtigkeit der Körper, und ihr Druck auf irgend einen Widerstand, nothwendig nach der **Masse** und nicht nach der **Oberfläche**.

8. Alle Körper von sehr ungleichem Gewichte fallen im luftleeren Raume, von gleicher Höhe, gleichgeschwind. Erkl. Das Gewicht der Körper verhält sich alswie die Menge der Theilchen (vorherg. 6.). Nehmen wir nun an, der Körper A bestehe nur aus Einem Materietheilchen, der Körper B aber aus 100 derselben;

ben; so wird das Gewicht von A sich zu dem von B verhalten wie 1 : 100 : mithin die Kraft, welche in jedem einzelen Theilchen von B wirkt alswie $\frac{1}{100}$ zur ganzen = 1 : 100 : folglich ist sie derjenigen Kraft gleich, welche in dem Körper A wirkt; sind aber die Kräfte, welche der Grund der Bewegung sind, in A und B gleich, so müssen auch ihre Geschwindigkeiten gleich sein, d. i. der Körper A und der mehr gewichtige B fallen gleich geschwind. — Anders: man denke sich den Körper B in seine Theile aufgelöst, und lasse sie in Gedanken aufgelöst herabfallen von gleicher Höhe, und man wird ohnschwer einsehen, daß der Fall von A und B gleichgeschwind sein müsse: soll nun in ihrer Verbindung, der Zusammenhang in B eine Aenderung der Geschwindigkeit erwirken? — In B werden mehrere Theile, aber diese doch nicht stärker gezogen als jene von A. —

Dieses hat freilich in freier Luft nicht statt. In der freien Luft haben die fallenden Körper eine ihrer Oberfläche proportionirte Luftmasse wegzuräumen, da nun der gewichtigere Körper mit mehreren Theilen auf das nemliche Hinderniß wirkt, als ein anderer, der gleiche Oberfläche aber ein geringes Gewicht hat, so

kann er dasselbe leichter überwinden, und schneller fallen. — Man lasse auf einer Seite 10 auf der andern 5 Männer gleich stark zu einem Ziele laufen, es lägen aber gleiche Hindernisse im Wege: die 10 werden früher zum Ziele kommen — Nicht so, wenn keine Hindernisse da sind; denn läuft jeder gleich geschwind, so kommen fünf auf einer Seite so schnell zum Ziele als zehn auf der andern; sie mögen Hand in Hand geschlungen, oder frei, ihren Lauf machen.

9. Die im Medium fallenden Körper erhalten nach und nach eine gleichförmige Bewegung. Erkl. Das Hinderniß, das dem fallenden Körper die wegzuräumende Masse entgegensetzet, vernichtet immer etwas von den Zuwächsen der Geschwindigkeit, und so wird denn die Bewegung nach und nach nothwendig gleichförmig.

* Je schneller die Bewegung; je dichter das Mittelding, und je grösser die Oberfläche des fallenden Körpers ist, desto grössern Widerstand wird der fallende Körper leiden, desto früher zur gleichförmigen Bewegung gelangen — die Trümmer eines zerschlagenen Körpers bewegen sich früher gleichförmig als der ganze Körper, weil die Oberfläche der Trümmer grösser als jene des ganzen Körpers ist (62. 98. 3.)

10.

10. Die Bewegung eines in die Höhe geworfenen Körpers z. B. einer abgeschossenen Kanonenkugel ist gleichförmig abnehmend. Erkl. Die Schwere wirkt der Bewegung aufwärts gerade entgegen. Da nun die Schwere in jedem Moment gleich wirkt; so muß das Abnehmen der Geschwindigkeit immer gleich, folglich auch die Bewegung gleichförmig abnehmend sein, bis sie ganz aufhört: wo denn der Körper einen Augenblick ruhet, und mit gleichförmig beschleunigter Bewegung wieder auf die Erde fällt.

11. Die Schwere der Körper ist nicht in allen Erdegegenden gleich — grösser bei den Polen, kleiner in den Aequatorgegenden. — Erkl. Die Erde dreht sich um ihre Achse, wie wir noch anderswo zeigen werden, und durch dieses Umdrehen der Erde, welches innerhalb 24 Stunden erfolgt, erhalten die Erdekörper einen Trieb von der Erde wegzufliegen, alswie der Stein der im Kreise bewegten Schleuder; — dieser Trieb wegzufliegen wirkt 1. der Schwere entgegen 2. ist beim Aequator am größten, gegen die Pole am kleinsten, und 3. wirkt beim Aequator der Schwerkraft ganz in gerader Linie, vertical entgegen — den Polen zu immer unter einem grössern Winkel. — Zur Erläute-

rung!

rung! Es drehe sich die Erde um die Achse A B (Fig. 19. Taf. I.); es muß

1. die Wurfkraft beim Aequator a um so viel grösser sein als in einem dem Pole A nahen Puncte b, um wie viel länger die Linie a c als b d ist, weil die Wurfkraft mit der Grösse des Circuls wächst.

2. Wirkt die Wurfkraft bei a der Schwerkraft a c vertical entgegen, da sie bei b der Schwerkraft b c unter dem Winkel n b c entgegenwirkt. Nun thut aber die verticale Entgegenwirkung einer Kraft mehr Abbruch als eine schiefe (Zusammengesetzte Bewegung).

3. Da nun dieser Winkel gegen dem Pole B zu, immer grösser wird und die Linie b d immer kleiner, so ist es einleuchtend, daß die Schwere mit der Annäherung zum Pole immer abnehmen müsse.

12. Die Verschiedenheit der Schweren auf hohen Bergen und an ihrem Fuße, erklärt man aus der merklich verschiedenen Entfernung vom Mittelpuncte der Erde, wo das Abnehmen der Schwere, welches im verkehrten Quadratverhältniß der Abstände geschieht, merklich werden muß.

117.

Einige Einwürfe und Antworten darauf.

Einwurf. Stosse ich mit gleicher Gewalt zwei Körper von verschiedener Masse, so bewegt sich der von grösserer Masse langsamer als der von kleinerer Masse; — soll dieß nicht auch erfolgen, wenn zwei ungleich gewichtige, frei fallende Körper von der nemlichen Erde angezogen werden? — Soll nicht der Körper kleinerer Masse schneller fallen?

Antwort. Keines Weges. Werden zwei Körper ungleicher Masse von der nemlichen Erde angezogen, so ist in jedem Theilchen sowohl der grössern als der kleinern Masse, die Determination gegen die Erde **vollkommen** gleich; wie in dem luftleeren Raume wirklich zwei ungleich gewichtige Körper gleich geschwind fallen. — Anders verhält sich die Sache, wenn ungleiche Massen von außen angestossen werden, da muß die Determination zur Bewegung in den einzelen **Theilen** der grössern Masse nothwendig kleiner sein als in den Theilen der geringen Masse; denn die Gewalt von außen ist nicht auf jedes einzele Theilchen beider ungleicher Massen die nemliche, sondern nur auf die ganze Summe von Theilchen — aber eben darum corespondirt nothwen-

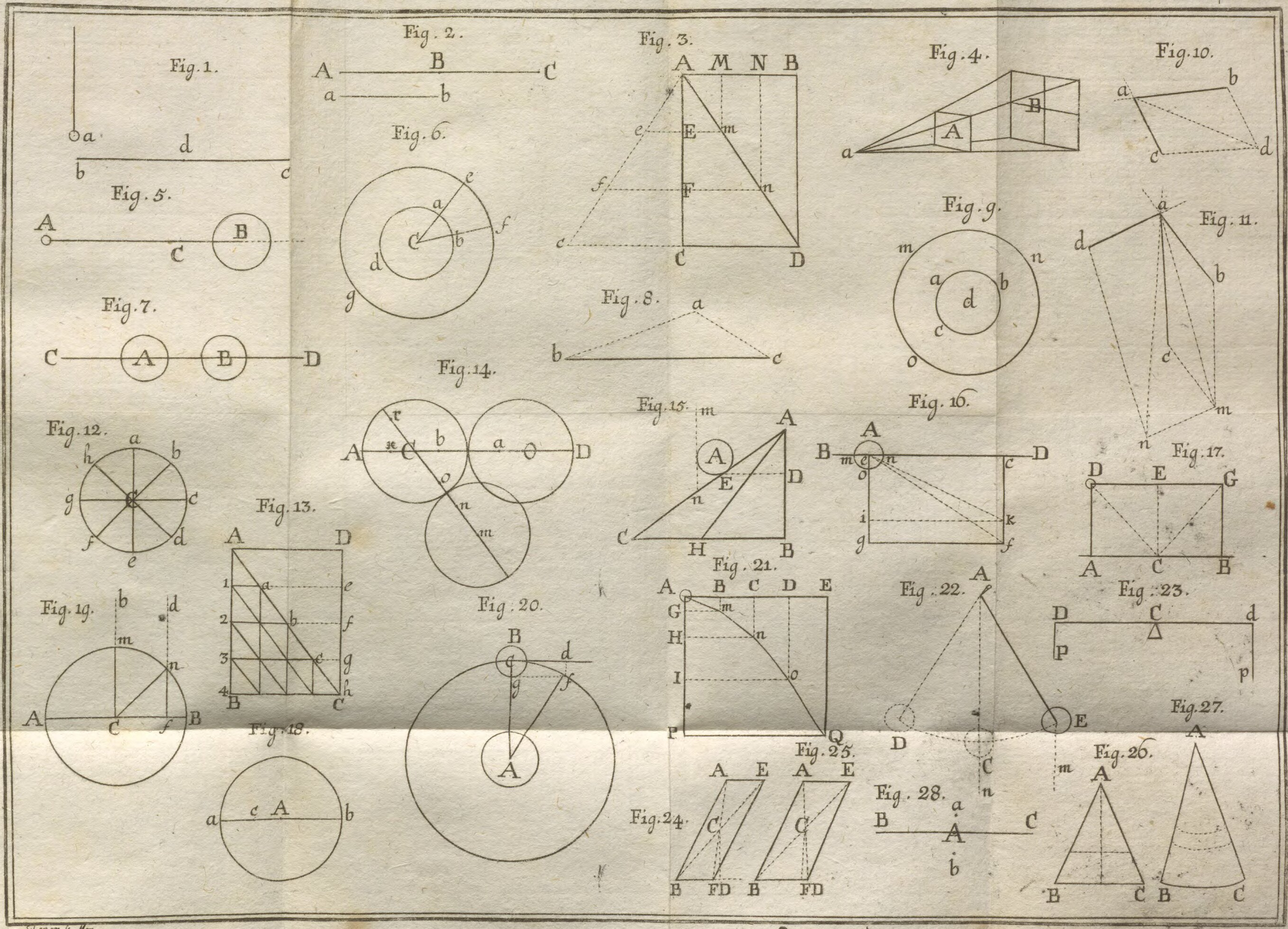
wendig jedem Theilchen der grössern Masse eine um so viel kleinere Determination zur Bewegung, um wie viel grösser die Summe der Theile in der grössern Masse, als die Summe der Theilchen in der kleinern Masse ist: und folglich muß beim nemlichen Anstoß die kleinere Masse sich immer schneller bewegen als eine grössere.

Einwurf. Hängt man an Fäden oder Stricken mehrere Körper auf, so werden die Richtungslinien, nach welcher die Fäden, Stricke u. d. gl. gespannt werden, allemal parallel befunden: sie können daher fortgesetzt, unmöglich durch den Mittelpunct der Erde gehen, und mithin sind die Körper nicht gegen den Mittelpunct der Erde schwer.

Antwort. Die Richtungslinien sind nur scheinbar parallel; sie sind als Stralen eines unendlich grossen Circuls anzusehen, und da verschwindet denn natürlich ihre Divergenz.

Einwurf. Wäre die Ziehekraft gegenseitig, so müßten alle auf der Erde frei liegende Körper sich einander nähern, und in Haufen zusammenkommen.

Antwort. Wenn die Anzahl der ziehenden Theile nicht zu gering wäre, um die Hindernisse der Annäherung zu überwinden u. s. w.



Scherer sc. Mon.

Zu Prof. Webers physische mathematischen Vorlesungen.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Weber, Joseph von, 1753-1831

Vorlesungen aus der Naturlehre Empirischer Theil

Bd.: 2

Landshut 1793

Phys.g. 507-1/2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10132131-5
VD18 80055664